I. MITICAN

RADIOTELEFOANE FUNCTIONARE ȘI EXPLOATARE

Au apărut :

R. Boconcios, I. Diaconescu — *Voltmetre electronice*
R. Popescu — *Frecvențmetre electronice*
R. Andreescu — *Generatoare de semnal*
C. Negoiță, M. Ivan — *Aparate electronice pentru măsurarea mărimilor geometrice*
V. Malcoci — *Aparate electronice pentru măsurarea parametrilor rezistențelor, bobinelor și condensatoarelor*
Șt. Bodoc — *Aparate electronice pentru măsurarea maselor, forțelor și cuplurilor*
I. Mateescu, I. Mateescu — *Osciloscopul*
A. Goncearov — *Înregistrarea magnetică a imaginii*
Th. Nicolau, I. Apostol — *Umidimetre electronice*
H. Siennreich, A. Vasilescu — *Transmisiuni cu modulația impulsurilor în cod*
Gh. Boldea — *Localizarea deranjamentelor din cablurile de telecomunicații*
A. Barna — *Amplificatoare operaționale*
I. Feier ș.a. — *Dioda zener. Aplicații*
R. W. J. Barker — *Electronica aplicată. Întrebări și răspunsuri*
I. Ibbotson — *Telecomunicații. Întrebări și răspunsuri.*
T. Willmore — *Electronica fizică. Întrebări și răspunsuri*
A. Manea, M. Scărlătescu — *Aparate electronice pentru protecția muncii*
P. Constantin, O. Radu — *Tranzistoare unijoncționale*
Al. Popescu, A. Nica — *Aparate electronice pentru măsurări industriale*
G. Antonescu — *Dispozitive semiconductoare pentru microunde*
R. M. M. Oberman — *Numărătoare electronice*
I. Marghescu, Gh. Bădescu — *Transmiterea discretă a semnalelor*
S. Băjeu, G. Stancu — *Generatoare de semnale sinusoidale*

I. MITICAN

RADIOTELEFOANE FUNCȚIONARE. EXPLOATARE

EDITURA TEHNICĂ
București—1979

Au apărut:

R. Boconcios, I. Diaconescu — *Voltmetre electronice*
R. Popescu — *Frecvențmetre electronice*
R. Andreescu — *Generatoare de semnal*
C. Negoiță, M. Ivan — *Aparate electronice pentru măsurarea mărimilor geometrice*
V. Malcoci — *Aparate electronice pentru măsurarea parametrilor rezistențelor, bobinelor și condensatoarelor*
Șt. Bodoc — *Aparate electronice pentru măsurarea maselor, forțelor și cuplurilor*
I. Mateescu, I. Mateescu — *Osciloscopul*
A. Goncearov — *Înregistrarea magnetică a imaginii*
Th. Nicolau, I. Apostol — *Umidimetre electronice*
H. Siennreich, A. Vasilescu — *Transmisiuni cu modulația impulsurilor în cod*
Gh. Boldea — *Localizarea deranjamentelor din cablurile de telecomunicații*
A. Barna — *Amplificatoare operaționale*
I. Feier ș.a. — *Dioda zener. Aplicații*
R. W. J. Barker — *Electronica aplicată. Întrebări și răspunsuri*
I. Ibbotson — *Telecomunicații. Întrebări și răspunsuri.*
T. Willmore — *Electronica fizică. Întrebări și răspunsuri*
A. Manea, M. Scărlătescu — *Aparate electronice pentru protecția muncii*
P. Constantin, O. Radu — *Tranzistoare unijoncționale*
Al. Popescu, A. Nica — *Aparate electronice pentru măsurări industriale*
G. Antonescu — *Dispozitive semiconductoare pentru microunde*
R. M. M. Oberman — *Numărătoare electronice*
I. Marghescu, Gh. Bădescu — *Transmiterea discretă a semnalelor*
S. Băjeu, G. Stancu — *Generatoare de semnale sinusoidale*

I. MITICAN

RADIOTELEFOANE FUNCȚIONARE. EXPLOATARE

EDITURA TEHNICĂ
București—1979

Control științific : ing. OVIDIU MIRCEA STĂNCIULESCU
Redactor : ing. SMARANDA DIMITRIU
Tehnoredactor : MARIA TRĂSNEA
Coperta : SIMONA NICULESCU

Bun de tipar : 26 I 1979, Coli de tipar 13,5
Planșe 2 Tiraj 10.800+70 broșate. C. Z.
621.396.73

Tipărit sub c-da 4131 la Întreprinderea poligrafică Galați B-dul G. Coșbuc 223 A
Republica Socialistă România

PREFAȚĂ

Datorită avantajelor multiple, pe care le aduc, radiotelefoanele au pătruns în sfera de activitate a unei mari categorii de oameni ai muncii, care le exploatează în diferite ramuri ale economiei naționale, le întrețin și repară.

Radiotelefoanele și mai ales cele portabile, sînt aparate foarte utile, dar și pretențioase din punct de vedere al întreținerii tehnice și manipulării, motiv pentru care, la unele locuri de muncă au o exploatare mai puțin intensivă. Deseori bateriile Cd-Ni nu alimentează normal aparatele decît două-trei ore, datorită întreținerii deficitare. Alte ori se utilizează baterii cu capacitate mică la radiotelefoanele cu mare trafic, fapt pentru care acestea se descarcă sub limita normală și se distrug, aducînd pagube. În unele cazuri personalul de întreținere al radiotelefoanelor nu este dotat cu minimul de dispozitive și indicatoare necesare aprecierii stării de funcționare a aparatelor, deși acestea se pot realiza cu mijloace locale, prin autodotare.

Acestor probleme, legate de exploatarea radiotelefoanelor cu minim de cheltuieli și maxim de eficiență — deziderat major al economiei noastre — se caută răspuns în paginile următoare.

Lucrînd în acest domeniu, la regionala de căi ferate Iași, autorul a fost stimulat să scrie o carte de acest gen, la îndemnul tinerilor radiotelefoniști (TTR-iști) feroviari cu care activează în marile gări ale Moldovei, pentru menținerea în bună stare de funcționare a unor complexe rețele de radiotelefoane.

Considerînd că radiotelefonul este un mijloc de comunicație destinat majorității locurilor de muncă, iar manipularea și întreținerea sa se face nu numai de specialiști, în primele pagini se face o trecere în revistă a problemelor teoretice legate de funcționarea

radiotelefoanelor, iar în continuare se insistă asupra problemelor practice.

Cartea se adresează tehnicienilor radiotelefoniști, responsabililor cu radio din instituții și întreprinderi, electromecanicilor, elevilor și studenților dornici să se pregătească în domeniul radiotelefoniei mobile, cît și inginerilor și proiectanților care construiesc rețele de radiotelefoane).*

Autorul mulțumește celor care au contribuit la apariția volumului cît și acelora care îi vor transmite criticile, părerile și propunerile pentru o eventuală îmbunătățire.

inginer MITICAN IOAN

*) Acei interesați și de alte probleme ale dezvoltării radiotelefoniei mobile, în țara noastră le pot găsi în materialele dezbătute la Primul Simpozion Național de Radiotelefoane ce a avut loc la Iași, în zilele de 30 XI — 2 XII 1978.

Referatele prezentate la simpozion se află la gazda și organizatorul acestei ample acțiuni : Direcția de radio și televiziune Iași, din Direcția Generală a Poștelor și Telecomunicațiilor — M.T.Tc. București.

CUPRINS

Prefață 5

1. **Radiotelefonia în zilele noastre**

1.1. Eficiența radiotelefoanelor 12
1.2. Realizări și perspective 13
1.3. Reglementări privind autorizarea și utilizarea radiotelefoanelor 15
1.4. Game de frecvențe 17

2. **Cîteva noțiuni introductive**

2.1. Principiul de funcționare a unui radiotelefon 20
2.2. Categorii de radiotelefoane 22
2.3. Sisteme de lucru 24
2.3.1. Sistemul duplex 25
2.3.2. Sistemul simplex 26
2.3.3. Sistemul semiduplex 29
2.4. Rețele de radiotelefonie locale 29

3. **Componente speciale utilizate în radiotelefonie**

3.1. Microîntrerupătoare rapide 31
3.2. Microrelee 33
3.3. Cristale cu cuarț 36
3.4. Filtre de bandă cu cristale piezoelectrice 42
3.5. Filtre magnetoelectrice 46
3.6. Filtre duplex 49

4. **Unitatea de emisie-recepție**

4.1. Emițătorul 51
4.1.1. Amplificatorul de joasă frecvență 51
4.1.2. Modulatorul 53
4.1.3. Oscilatorul 58

4.1.4. Etaje de multiplicare 61
4.1.5. Emițătorul de putere 62
4.1.6. Dispozitivul automat de protecție a etajului final . 63
4.2. Receptorul 65
4.2.1. Amplificatorul de radiofrecvență 65
4.2.2. Schimbătorul de frecvență 66
4.2.3. Amplificatorul de frecvență intermediară și limitatorul de amplitudine 68
4.2.4. Discriminatorul 70
4.2.5. Atenuatorul de zgomot 72
4.2.6. Amplificatorul de joasă frecvență 72
4.3. Convertorul de tensiune 73

5. Unitatea de comandă

5.1. Unitatea de comandă RTM-MF-S 77
5.2. Unitatea de comandă RTF (comanda locală) 83
5.3. Unitatea de comandă pentru RTF (cu comandă la distanță) . 85

6. Sisteme radiante

6.1. Undele ultrascurte 88
6.2. Antene 90
6.3. Caracteristicile antenelor 91
6.3.1. Cîștigul antenei 91
6.3.2. Directivitatea 91
6.3.3. Impedanța antenelor 93
6.3.4. Banda de trecere — Banda de frecvență 93
6.3.5. Randamentul 94
6.3.6. Înălțimea efectivă 94
6.4. Construcția antenelor pentru unde ultrascurte 94
6.4.1. Dipolul $\frac{\lambda}{2}$ (vibratorul în semiundă) 94
6.4.2. Antena cu elemente pasive (antena Yagi-canal de undă) 95
6.4.3. Antena verticală $\frac{\lambda}{4}$ — Ground plane 96
6.5. Antene pentru radiotelefoane fixe 97
6.6. Antene pentru radiotelefoane mobile 100
6.7. Antene pentru radiotelefoane portabile 104
6.8. Cablul de radiofrecvență 106
6.8.1. Caracteristici 106
6.8.2. Comportarea cablurilor 107
6.9. Adaptarea și simetrizarea antenelor 111
6.9.1. Simetrizarea dipolului liniar (Z=75 ohmi) printr-o linie $\frac{\lambda}{4}$ în scurt circuit 111
6.9.2. Simetrizarea și adaptarea dipolului liniar (repliat Z=300 ohmi) printr-o linie $\frac{\lambda}{2}$ 111
6.10. Întreținerea și verificarea antenelor 112

7. Alimentarea radiotelefoanelor

7.1. Alimentarea radiotelefoanelor fixe — RTF 116
7.1.1. Alimentarea RTF din rețeaua de 220 V cu redresor . 117
7.1.2. Alimentarea RTF din redresor în tampon cu acumulator 118
7.1.3. Alimentarea RTF din rețeaua de 220 V prin redresor stabilizat 119
7.2. Alimentarea radiotelefoanelor mobile — RTM 119
7.3. Alimentarea radiotelefoanelor portabile 119
7.3.1. Principiul de funcționare al acumulatorului alcalin . 120
7.3.2. Caracteristicile acumulatoarelor alcaline 121
7.3.3. Construcția acumulatoarelor (Cd-Ni) capsulate . . 123
7.3.4. Tipuri de acumulatoare Cd-Ni uzuale 125
7.3.5. Acumulatoarele Cd-Ni speciale 126
7.3.6. Încărcarea acumulatoarelor capsulate Cd-Ni . . . 129
7.3.7. Dispozitive uzuale pentru încărcarea acumulatoarelor Cd-Ni 131
7.3.8. Exploatarea acumulatoarelor capsulate 133
7.3.9. Alimentarea radiotelefoanelor portabile din alte surse 138

8. Caracteristicile radiotelefoanelor

8.1. Indicatori generali de calitate 140
8.2. Indicatori de calitate ai emițătorului 142
8.2.1. Frecvența de lucru și intervalul dintre canale . . 142
8.2.2. Deviația de frecvență 143
8.2.3. Sensibilitatea circuitului de microfon 144
8.2.4. Banda de frecvență transmisă 144
8.2.5. Distorsiuni 145
8.2.6. Nivelul zgomotului 147
8.2.7. Puterea RF transmisă 148
8.2.8. Radiații parazite 148
8.3. Indicatori de calitate ai receptorului 149
8.3.1. Sensibilitatea și raportul semnal zgomot 149
8.3.2. Frecvența canalelor de recepție 152
8.3.3. Coeficientul de distorsiuni neliniare 152
8.3.4. Banda de frecvență audio recepționată 153
8.3.5. Radiațiile parazite 154
8.3.6. Puterea de ieșire în joasă frecvență la recepție . . 154
8.3.7. Nivelul sonor 154
8.3.8. Selectivitatea. 155
8.3.9. Intermodulația 157

9. Laboratorul de radiotelefonie

9.1. Dotarea laboratorului 159
9.2. Documentația laboratorului 163
9.3. Evidențele laboratorului 164
9.4. Activitatea laboratorului 164

10. **Principii de verificare și depanare a radiotelefoanelor**

10.1. Dispozitive pentru depanare reglare și verificare rapidă . 168

11. **Radiotelefonul portabil RTP-MF-S**

11.1. Construcția 175
11.2. Funcționarea 178
11.3. Verificarea și reglarea radiotelefonului RTP-MF-S . . . 187

12. **Radiotelefonul mobil RTM-MF-S**

12.1. Construcția 192
12.2. Funcționarea radiotelefonului 193
12.3. Verificarea și reglarea radiotelefonului RTM-MF-S . . 197

13. **Exploatarea radiotelefoanelor**

13.1. Procurarea radiotelefoanelor 202
13.2. Criterii pentru alegerea radiotelefoanelor 203
13.3. Instalarea radiotelefoanelor 206
13.4. Dotarea minimă a unui punct de întreținere a radiotelefoanelor 207
13.5. Verificări minime de exploatare 211
13.6. Protecția muncii în exploatarea radiotelefoanelor 212
Bibliografie 214

1. RADIOTELEFONIA ÎN ZILELE NOASTRE

Ca efect al exploziei telecomunicațiilor, radiocomunicațiile au căpătat o dezvoltare deosebită, pătrunzînd în toate domeniile de activitate ale societății contemporane.

Odată cu tranzistorizarea și îmbunătățirea fiabilității aparatelor, simplificarea manipulării echipamentelor și utilizarea benzilor de frecvențe ultrascurte, radiocomunicațiile au încetat să mai fie un monopol al anumitor instituții tradiționale (marină, aviație, armată, societăți de telecomunicații) și au intrat în exploatarea universală a tuturor instituțiilor și chiar persoanelor particulare.

Cum radiocomunicațiile moderne au preluat deseori atribuțiile telefoniei clasice, fiindcă oferă avantajul transmisiilor fără fir și mare mobilitate, s-a dezvoltat intens o categorie de echipamente cu gabarit redus, simple și robuste numite radiotelefoane, dezvoltîndu-se astfel vertiginos o latură a radiocomunicațiilor numită radiotelefonia mobilă.

Încercări de dezvoltare a radiotelefoniei mobile au existat încă de la începutul radiocomunicațiilor.

În anii 1930 se experimentau mici stații de radio cu modulație de amplitudine, pentru legături urgente între unitățile de intervenție ale societăților de electricitate, armatei sau poliției. În timpul ultimului război mondial radiotelefonia mobilă a căpătat mai mare amploare prin utilizarea tuburilor metalice tip ghindă, de oțel, cu mare rezistență la șocuri și consum mic de curent, care permiteau realizarea unor aparate cu volum redus, ce se montau pe vehicolele militare sau se purtau ca raniță în spate.

Și în țara noastră au existat preocupări și realizări în acest domeniu. Spre exemplificare prezentăm succint doar evoluția radiocomunicațiilor feroviare.

În anul 1933 cînd puține țări din lume experimentau radiocomunicațiile în domeniul feroviar, administrația CFR a importat 7 posturi de radiocomunicații SIF, destinate legăturilor directe dintre inspecțiile CFR Timișoara — Cluj — Iași — București.

În 1940 se experimentau în stația CFR București echipamentele firmelor La radio industrie Paris, Marconi, Telefunken, Standard. În același an s-au introdus la CFR echipamentele mobile tip G de proveniență militară.

Între 1952—1953, un grup de specialiști feroviari din Regionala CFR Brașov au realizat și experimentat primele echipamente românești de radiotelefonie, destinate legăturilor cu locomotivele de pe linia CFR Brașov — Predeal.

Odată cu darea în exploatare a triajului mecanizat Ploiești (1953), s-au asigurat comunicații directe între șeful echipei de triere și mecanicii locomotivelor prin radiotelefoanele sovietice J R 3.

În timpul lucrărilor de centralizare a stațiilor CFR, de mare ajutor au fost radiotelefoanele cehoslovace tip ORLIK (Mărășești 1956), iar la lucrările de electrificare de pe valea Prahovei (1962—1964), s-au utilizat radiotelefoanele SIEMENS.

Între 23 octombrie — 4 noiembrie 1967 s-a ținut la București primul curs pentru specializarea cadrelor tehnice CFR în domeniul radiotelefoniei mobile și întreținerea aparatelor STORNO.

Aparatele STORNO erau dintre cele mai perfecționate radiotelefoane, fiind complet tranzistorizate. În acest fel, au contribuit la creșterea capacității de transport a stațiilor și triajelor CFR.

O dezvoltare deosebită are radiotelefonia mobilă în cadrul Regionalei CFR Iași, unde s-a dat în exploatare prima rețea radio (din țară), pentru legături între impiegații din stațiile CFR și mecanicii trenurilor în circulație (secția Iași-Bîrlad în 15 decembrie 1975, continuată în 1976, pe secția Bîrlad-Tecuci, Iași-Pașcani, Adjud-Suceava). În 1967 radiotelefoanele erau folosite cu succes și în întreprinderile de electricitate București, Cluj, Dobrogea, Cîmpina, pe șantierele de construcții hidrotehnice, la Comitetul de Stat al apelor, Trustul de valorificare a stufului. De remarcat că, I.R.M.E. București fabrica radiotelefoane cu tuburi, cu mulți ani înainte.

1.1. Eficiența radiotelefoanelor

Datorită eficienței lor, în prezent radiotelefoanele se utilizează de întreprinderile de electricitate, salvare, stații de taxiuri, expe-

diții și camionaj, unități de mașini agricole și tractoare, șantiere, porturi, stații de cale ferată, servicii de transporturi din marile uzine, spitale, fabrici etc.

Este de remarcat faptul că, radiotelefoanele sînt dintre puținele echipamente de telecomunicații introduse în unitățile de producție, al cărui cost se poate recupera numai în doi-trei ani.

Această constatare este evidentă dacă ne referim, de exemplu, la consumul de combustibil al mijloacelor auto, (stații de salvare, taxiuri sau de camionaj), care prin radiotelefoane pot fi dirijate din parcurs pentru transporturi, de la un loc la altul, fără a mai fi necesare deplasările în gol, la stația de dirijare.

În transportul feroviar economiile de combustibil sînt considerabile, deoarece elimină așteptările la semnale sau pe liniile de garare, cu motoarele locomotivelor în lucru, pînă se transmit comenzile de oprire a motoarelor, către mecanici, prin intermediul unui lucrător trimis de impiegat, la locomotive.

Aceleași rezultate se obțin în agricultură, unde radiotelefoanele din dotarea brigăzilor de tractoare elimină consumul suplimentar de motorină, pentru deplasarea unor tractoare la sediul unității pentru unele informații.

Radiotelefoanele se dovedesc a fi mijloace care contribuie eficient la reducerea consumului de combustibil.

În baza acestor exemple se poate calcula eficiența economică a radiotelefoanelor, evaluînd costul combustibilului consumat pentru operații ce se elimină prin dotarea cu radiotelefoane, cît și uzura suplimentară a mijloacelor de transport.

De asemenea se va ține seamă de creșterea capacității de transport a mijloacelor dotate cu radiotelefoane, cît și de rezultatele financiare, obținute pe seama operativității aduse de radiotelefoane.

De exemplu într-un triaj CFR, executarea trierii vagoanelor prin radiotelefoane duce la creșterea capacității de prelucrare cu 15—25%.

În domeniul energetic dotarea cu radiotelefoane a echipelor de intervenție reduce durata avariilor la liniile și instalațiile electrice cu 20—30%.

1.2. Realizări și perspective

Tehnica realizării radiotelefoanelor evoluează mereu, iar aparatele sînt tot mai perfecționate.

Datorită utilizării circuitelor integrate volumul, prețul și greutatea aparatelor scade mereu. Astfel aparatul mobil LION VHF FM cu 10 canale și emițătorul de 25 W are dimensiunile 178 × 178 × × 51 mm, egale cu dimensiunile cutiei de comandă a aparatelor tranzistorizate.

Radiotelefonul FM-3302 tip RADMOR-Polonia poate fi dotat cu 55 canale simplex în banda 156-162 MHz, datorită utilizării sintetizoarelor cu cuarț.

Pe 60 canale poate lucra și aparatul TELEDUX fabricat de uzinele TELEFUNKEN. Radiotelefonul CQM-700 poate lucra și cu 99 canale.

Pe linia îmbunătățirii performanțelor și reducerii gabaritului, se prezintă și radiotelefonul portabil CQP 800-STORNO, care poate fi echipat cu 12 canale. Are apel selectiv și puterea emițătorului reglabil între 0,1 și 1,5 W, antenă compactă (noutate), având lungimea de cîțiva centimetri, iar gabaritul este de numai 33 × 65 × × 155 mm.

Aproximativ aceleași dimensiuni au și aparatele portabile XF 617, produse de ITT-Bell Telephone cu puterea emițătorului de 1,8 W și baterii de 12 V și 2 000 mAh, tip Mercury, care permit funcționarea normală a aparatului timp de 48 ore.

Un gen de radiotelefoane portative, cu receptorul și emițătorul separat, se dezvoltă intens în cadrul sistemelor de radioapel. Din punct de vedere funcțional sistemul se compune dintr-un radiotelefon fix ce se instalează în biroul conducerii instituțiilor și un număr oarecare, (chiar 200), receptoare minuscule plasate la butoniera colaboratorilor deplasați pe teren, în secțiile instituției, spitalului, gării portului sau șantierului.

Deoarece fiecare receptor este acordat pentru o anume combinație de frecvențe de apel, la emiterea acestora de postul central, posesorul radioreceptorului este atenționat, să primească mesajul și eventual, să se prezinte la conducere sau la primul telefon.

Convorbirea se poate realiza și de pe teren, dacă respectivul este dotat și cu un minuscul emițător separat.

Sistemul de radio-apel este eficace pe o rază de cîțiva km deoarece emițătorul postului central are mare putere, și o antenă specială. Receptoarele consumă foarte puțin, iar bateriile țin cîteva zile. În plus, dispar problemele dificile legate de autorizarea transmisiilor radio, și propagarea undelor în ambele sensuri.

Pentru exemplificare citām aparatele Radio Page-ITT-Bell Telephone, care lucrează cu modulație de frecvență în benzile

148-174 MHz și 450-470 MHz, într-un sistem de 200 combinații de apel (pentru 200 receptoare).

Aceste receptoare au dimensiunile de 110 × 55 × 25 mm și greutatea de 200 grame, cu baterie. Aparatele firmei Multitone Electric-Londra au gabarit și mai redus, dar lucrează cu modulație de amplitudine (13—50 MHz).

Receptorul RA 20 ST are 95 grame (inclusiv bateria) și dimensiunile 106 × 36 × 16 mm. Bateria de lungă durată tip Mercury se schimbă la 3 luni.

Emițătorul TB 1 are 81 grame și dimensiunile 63 × 47 × 16 mm. Deoarece puterea emițătorului este de numai 10 mW bateria se schimbă la 6 luni.

Ținînd seama de avantajele enunțate, cît și de realizările actuale, se prevede ca în următorii ani radiotelefonia mobilă va cunoaște o amplă dezvoltare.

Deoarece generația următoare de radiotelefoane portabile se construiește cu circuite integrate, apel selectiv, volum mic, dar capacitate mare a bateriilor și posibilități de conectare la rețeaua telefonică națională, se consideră că acestea vor reduce mult rolul telefoanelor clasice și se vor instala alături de minicalculator în buzunarul conducătorilor de întreprinderi, secții, sectoare și echipe.

Radiotelefoanele instalate pe mașinile individuale, vor permite posesorilor să intre în contact direct cu stațiile de service, garaje auto, salvare sau rețeaua telefonică națională.

La rîndul lor, abonații posturilor telefonice vor putea intra în legătură directă cu vehiculele serviciilor publice (taxiuri) aflate în zona locuinței.

1.3. **Reglementări privind autorizarea și utilizarea radiotelefoanelor**

Întrucît benzile de frecvențe disponibile pentru radiotelefonia mobilă sînt limitate, distribuirea lor solicitanților, se face rațional în cazuri bine justificate.

În această direcție există normative și regulamente obligatorii pentru producția, utilizarea și exploatarea radiotelefoanelor.

La baza acestora se află regulamentul radiocomunicațiilor, completat cu Regulamentul adițional al radiocomunicațiilor și o serie de rezoluții și recomandări publicate la Geneva în 1968 și traduse în limba română de M.T.Tc. (1971).

Conform regulamentului emisiunile sînt clasificate şi notate cu simboluri după următoarele caracteristici :

— *Tipul de modulaţie :* amplitudine *A,* frecvenţă sau fază *F* şi impulsuri *P.*

— *Tipul de transmisiune :* fără modulaţie *0,* telegrafie *1* şi *2,* telefonic *3.*

Radiotelefoanele folosesc tipul de emisiune F 3.

Potrivit articolului 1 din Statutul radiocomunicaţiilor din Republica Socialistă România, Ministerul Transporturilor şi Telecomunicaţiilor este organul de Stat ce are sarcina dirijării, coordonării şi controlării activităţii de radiocomunicaţii din ţara noastră.

Articolul 2 din acelaşi statut prevede că „M.T.Tc. are în exclusivitate dreptul de a autoriza construirea, instalarea, experimentarea, folosirea şi fabricarea aparaturii sau mijloacelor radio, indiferent de caracterul, destinaţia şi apartenenţa acestora".

Gestionarea spectrului de frecvenţe radio în R.S.R. se exercită de Ministerul Transporturilor şi Telecomunicaţiilor (M.T.Tc.), prin Direcţia Generală a Poştelor şi Telecomunicaţiilor (D.G.P.Tc.) şi direcţiile teritoriale de radio şi televiziune.

M.T.Tc. repartizează frecvenţele de lucru necesare radiotelefoanelor şi îşi dă acordul pentru fabricarea, construirea, modificarea schemelor şi procurarea din ţară sau din import a aparatelor.

De asemenea, aprobă experimentarea aparatelor de radiocomunicaţii pentru durate limitate, autorizînd instalarea şi darea în exploatare a echipamentelor radio, deservite de personal tehnic şi operaţional, autorizat de aceleaşi organe.

În legătură cu radiocomunicaţiile, M.T.Tc. a elaborat Regulamentul staţiilor de radiocomunicaţii din R.S.R., prin care sînt fixate *„condiţiile de fabricare, procurare, instalare şi folosire a staţiilor de radiocomunicaţii"* cît şi Regulamentul personalului de deservire a staţiilor radiotelegrafice şi radiotelefonice din R.S.R. prin care se stabilesc *„condiţiile minime obligatorii privind recrutarea, angajarea, încadrarea, autorizarea, folosirea şi promovarea personalului de deservire a staţiilor radiotelegrafice şi radiotelefonice de sub jurisdicţia Republicii Socialiste România, precum şi regulile după care acestea îşi desfăşoară activitatea".*

Nerespectarea acestor regulamente se pedepseşte conform H.C.M. 2487/1969, în cazul contravenţiilor şi conform Decretului 544/1969 în cazul infracţiunilor.

Construirea, instalarea și experimentarea sau folosirea stațiilor de radiocomunicații fără acordul sau autorizația prealabilă a M.T.Tc. se sancționează potrivit Decretului 544.

În concluzie, înainte de a se iniția o acțiune de dotare cu radiotelefoane, conducătorii organizațiilor în cauză trebuie să studieze prevederile regulamentelor și legislației în vigoare la data respectivă, știindu-se că ei *„poartă răspunderea pentru asigurarea condițiilor tehnice, administrative și organizatorice necesare, în vederea respectării integrale a prevederilor actelor normative interne și internaționale, privind radiocomunicațiile"*.

Conform articolului 60 din Regulamentul stațiilor de radiocomunicații, aceste echipamente sînt puse sub autoritatea persoanei care răspunde de unitate, navă, aeronavă sau mijlocul mobil în care funcționează.

Potrivit aceluiași regulament, acordul pentru dotare cu radiotelefoane se eliberează numai atunci cînd utilizarea acestora este temeinic justificată, iar comunicațiile dorite nu se pot realiza prin telecomunicații pe fire.

Ca norme internaționale de producție a radiotelefoanelor citām specificațiile E.I.A. (Electronic Industrie Association), folosite și de I.E.M.I. București, STORNO Copenhaga, RADMOR-Gdynia Polonia etc.

Unele firme producătoare de radiotelefoane folosesc standardele sau normele elaborate de autoritățile naționale de specialitate.

De exemplu aparatele USE-600 corespund prescripțiilor poștei germane din R.D.G., aparatele BURNDEPT răspund normelor Ministerului Poștelor și Telecomunicațiilor din Anglia, iar aparatele PALMA se înscriu în prevederile standardelor sovietice GOST etc. Toate au la bază prescripțiile C.C.I.E.

Condițiile de exploatare a radiotelefoanelor la căile ferate sînt prevăzute în recomandările nr. 751-1 I și 751-2 I elaborate de U.I.C. (Union internationale des chemins de fer — Paris), iar repartiția frecvențelor pentru trenurile în mers, este propusă prin recomandările conferinței U.I.C. din 26—27 octombrie 1971 și prescripțiile nr. 751-3 O.R.I. din martie 1978.

1.4. Game de frecvențe

Dacă la început, radiotelefonia mobilă funcționa mai ales în gama undelor scurte, echipamentele actuale se construiesc mai ales pentru gama undelor ultrascurte (metrice și decimetrice).

Această gamă oferă avantajul unui mare număr de frecvenţe disponibile, cît şi influienţe minime a perturbaţiilor industriale şi atmosferice.

Asignarea şi utilizarea frecvenţelor radio este stabilită tot prin Regulamentul radiocomunicaţiilor, în care se prevede repartizarea benzilor de frecvenţe între 10 kHz—40 GHz, în cele trei regiuni, în care este împărţit globul terestru.

Ţara noastră împreună cu ţările vecine se află în regiunea I de atribuire a benzilor de frecvenţe.

Conform prevederilor regulamentului, în regiunea I, s-a alocat radiotelefoniei mobile unele benzi libere în gama undelor metrice (30—300 MHz), numită şi domeniul frecvenţelor foarte înalte (VHF—FIF).

Ţinînd seama de aceste prescripţii I.E.M.I. produce radiotelefoane echipate cu frecvenţele repartizate instituţiilor de M.T.Tc., în următoarele benzi destinate radiotelefoniei mobile din ţara noastră : 30—41 MHz, 56,5—58 MHz, 73—76 MHz şi 146—174 MHz.

Chiar şi aceste benzi nu pot fi alocate în totalitate radiotelefoniei mobile, deoarece unele subbenzi au fost destinate de regulament altor instituţii.

Astfel, banda 41—68 MHz este de fapt repartizată în mare parte radiodifuziunii.

Benzile 68—73 MHz şi 76—87,5 MHz sînt repartizate unor ţări din regiunea noastră şi pentru radiodifuziune şi televiziune.

Banda 149,9—150,05 MHz este destinată radionavigaţiei prin sateliţi, 150,05—153 MHz este alocată serviciului de radioastronomie, 156,8 MHz este frecvenţa internaţională utilizată pentru apel în serviciul maritim, iar 156,025—157,425 MHz, 160,625—160,975 MHz şi 161,475—162,025 MHz sînt alocate tot serviciului maritim.

Datorită supraaglomeraţiei din banda undelor metrice, în străinătate s-a trecut intens la producţia radiotelefoanelor pentru gama undelor decimetrice în domeniul frecvenţelor ultra înalte (UHF—UIF) : 401—420 MHz şi 420—470 MHz.

Cum şi acestea sînt foarte solicitate, unele benzi au fost ocupate de la început. De exemplu benzile 457,400—458,450 MHz şi 467,400—468,450MHz (inclusiv frecvenţele extreme), au fost propuse de U.I.C. ca frecvenţe comune pentru transportul feroviar internaţional (pentru comunicaţii duplex între dispecerii feroviari şi trenurile în mers, cît şi alte activităţi).

În prezent se fac experimentări pentru radiotelefonia mobilă pînă în gama frecvenţelor de 900 MHz.

Întrucît undele radio cu frecvențele foarte înalte sînt absorbite de obstacole și denivelările terenului, de poduri și de construcții, distanța de propagare este limitată.

Din acest motiv benzile cu frecvențele mai mici (30—41 MHz), se repartizează unităților economice, cu zonă mai mare de activitate (agricultură, întreprinderi de electricitate), iar benzile mai înalte, întreprinderilor cu zonă restrînsă de activitate.

Benzile de frecvențe joase (25—50 MHz) au însă dezavantajul zgomotelor de fond mai accentuate.

De asemenea, undele frecvențelor mai joase se reflectă de ionosferă, mai ales vara, și pot perturba recepția normală a altor aparate.

De remarcat că frecvențele cuprinse în gama 420—470 MHz deși sînt mai puțin utilizate în prezent oferă mari avantaje, datorită antenelor de dimensiuni mici ($l = \frac{\lambda}{4} = 0{,}15$ m).

Cu toată atenuarea mai ridicată a acestor frecvențe, se pot realiza legături radio de bună calitate, deoarece zgomotele reduse din această bandă permit realizarea unor receptoare cu mare sensibilitate.

Datorită gradului înalt de reflexie multiplă a undelor din banda 420—470 MHz (UHF) și relativ puținelor influențe a perturbațiilor electrice, această gamă este indicată pentru utilizări în zone industriale aglomerate : orașe, gări, porturi și în mod deosebit, în zonele cu puternice cîmpuri electrice perturbatoare.

Reflecțiile semnalelor pot asigura legături bilaterale sigure și în zona de umbră a marilor clădiri sau obstacole.

2. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

2.1. Principiul de funcționare a unui radiotelefon

Principial, un radiotelefon se compune dintr-un emițător prin care semnalele vocale produse de microfon, sînt amplificate și transpuse prin modulare, în gama frecvențelor înalte, ce sînt apoi emise în eter cu ajutorul antenei, cît și dintr-un receptor care culege semnalele de înaltă frecvență din eter și exrage, prin detecție semnalele de frecvență vocală.

Pentru modulare și demodulare se folosesc frecvențele unui oscilator local (fig. 2.1). Simplificînd se poate spune că acesta este un telefon, la care firele de legătură s-au înlocuit cu unde de radio, fapt pentru care aparatul devine independent și mobil, putîndu-se utiliza la orice loc de muncă.

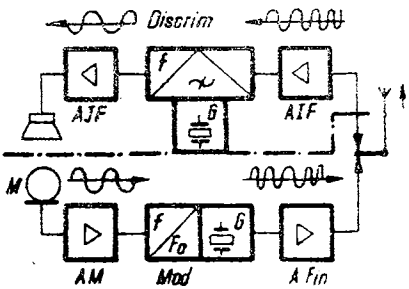


Fig. 2.1 Funcționarea unui radiotelefon.

Deoarece emițătorul și receptorul se compune din mai multe elemente, în figura 2.2 se prezintă schema bloc a radiotelefonului RTM-4 MF-S produs de I.E.M.I. București.

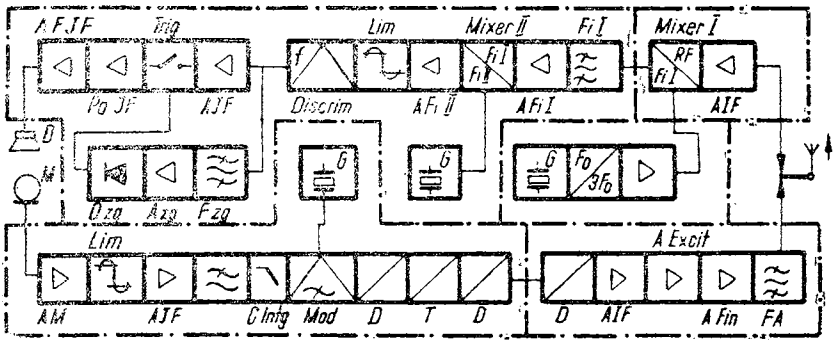


Fig. 2.2 Schema bloc a radiotelefonului RTM-4 MF-S.

Emisia

Semnalul de convorbire care soseşte de la microfonul cu preamplificator este amplificat în etajul *AM*, iar prin etajul *Lim* este limitat în amplitudine spre a se preveni supramodularea.

După o nouă amplificare în etajul *AJF*, semnalul este condus prin filtrul trece jos la circuitul de integrare (*C* Intg.) şi la modulator (*Mod*).

După modulare cu frecvenţa oscilatorului local stabilizat cu cristale de cuarţ, urmează 4 etaje de multiplicare (dublor, triplor, dublor, dublor), cu ajutorul cărora semnalul oscilatorului modulat în frecvenţă este transpus în banda înaltă, alocată de M.T.Tc. Frecvenţa astfel multiplicată trece prin amplificatorul de înaltă frecvenţă *AIF* şi amplificatorul de excitaţie *A Excit*, iar în etajul final *A Fin*, capătă puterea necesară radiaţiei prin antenă, după filtrarea de armonicile superioare, prin filtrul de antenă.

Recepţia

Receptorul este de tip superheterodină şi lucrează cu două schimbări de frecvenţă.

Semnalele recepţionate din antenă sînt amplificate în etajul *AIF* iar cu ajutorul etajului de amestec (*Mixer I*) şi oscilatorului local sînt transpuse în banda de 10,7 MHz.

Deoarece oscilatorul local lucrează pe frecvenţa joasă a cristalului de cuarţ, ridicarea în bandă de lucru necesară etajului *Mixer I* se face printr-o multiplicare *3 Fo*, urmată de amplificare.

Frecvența intermediară se selectează prin filtrul de cuarț *Fi I*, se amplifică în etajul *AFi I*, iar prin al doilea *Mixer II*, se schimbă cu ajutorul frecvenței de 11.155 MHz furnizată de oscilatorul local II.

A doua frecvență intermediară de 455 kHz este amplificată în etajele *A Fi II*.

După etajul limitator care elimină modulația parazită în amplitudine urmează etajul discriminator.

Semnalul vocal extras la ieșirea discriminatorului se amplifică în etajele de joasă frecvență (*AJF PaJF* și *AFJF*) la ieșirea cărora se află difuzorul.

În paralel cu etajele de joasă frecvență acționează atenuatorul de zgomot (Squelch), compus dintr-un filtru, amplificatorul de zgomot și detectorul de zgomot care blochează amplificatorul de joasă frecvență în repaus.

2.2. **Categorii de radiotelefoane**

Pentru a răspunde diferitelor necesități radiotelefoanele se construiesc în mai multe variante, grupate în trei mari categorii :

— radiotelefoane fixe (RTF), aparate complexe cu mare putere de emisie (10—50 W), cu rază largă de acțiune (20—50 km), fapt pentru care sînt dotate cu antene exterioare, (înalte 15—20 m). Au surse puternice de alimentare din rețeaua de 220 V. Se instalează la locurile de muncă a dispecerilor, conducătorilor unui sector de activitate ;

— radiotelefoane mobile (RTM), de regulă, aparate de aceeași construcție cu aparatele fixe, dar instalate pe vehicule (mijloace auto, feroviare etc.), din bateriile cărora se alimentează. Deși au putere mare (10—20 W) ca și aparatele RTF, raza de lucru este mai redusă (10—20 km), datorită înălțimii mici față de sol a antenei (2—3 m), instalate pe acoperișul vehiculului ;

— radiotelefoane portabile (RTP), aparate miniaturizate, cu dimensiuni și greutate cît mai redusă (1—2 kg), fapt pentru care pot fi purtate în buzunarul hainelor sau într-o mică geantă de protecție.

Datorită miniaturizării și bateria Cd—Ni de alimentare are volum mic, implicit capacitate redusă, motiv pentru care puterea emițătorului este mult mai mică, de numai 0,5—1 W.

Cum și antena are gabarit mic, de obicei lungimea sa fiind egală cu $\frac{1}{4}$ lungimea de undă ($\lambda/4$), raza de lucru a acestor aparate este de numai 1—5 km.

Fiindcă puterea redusă, cît și raza de lucru a aparatelor portabile nu satisfac necesitățile unor șantiere, porturi sau întreprinderi, cu mare suprafață de activitate, în ultimii ani a apărut o categorie de aparate intermediare între RTM și RTP și anume aparatele transportabile, prevăzute în normele internaționale (de exemplu UIC-751-2).

Aceste aparate au puteri de 5—10 W și alimentare universală : baterii Cd—Ni cînd lucrează ca RTP, bateriile vehiculului cînd lucrează ca RTM sau rețeaua de 220 V cînd lucrează ca RTF.

De remarcat este și faptul că, orice aparat RTP poate fi instalat ca aparat RTM sau RTF, dotîndu-l corespunzător cu sursă de alimentare și antenă, precum și orice RTM poate fi instalat ca RTF, prin adaptările indicate.

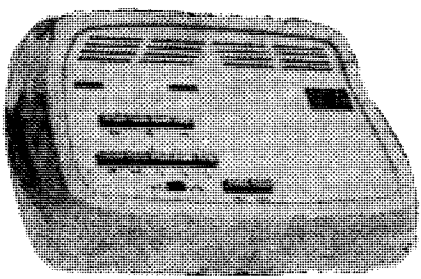
Ca exemplificare la împărțirea de mai sus prezentăm cîteva tipuri de radiotelefoane românești și străine. Menționăm că în țara noastră producția de echipamente pentru radiocomunicații o asigură I.E.M.I. București și Tehnoton Iași.

Cele mai cunoscute aparate din seria aparatelor fixe sînt aparatele RTF-MF-S fabricate de I.E.M.I. București.

Lucrează în toate benzile de frecvență alocate radiotelefoniei mobile : 30—41 MHz, 56,5—58 MHz, 73—76 MHz, și 146—174 MHz.

Emițătoarele primelor trei variante au puterea de 20 W, iar varianta patru are numai 10 W.

Manipularea aparatelor se execută printr-o unitate de comandă anexă, cu posibilitate de comutare a 6 canale (fig. 2.3).



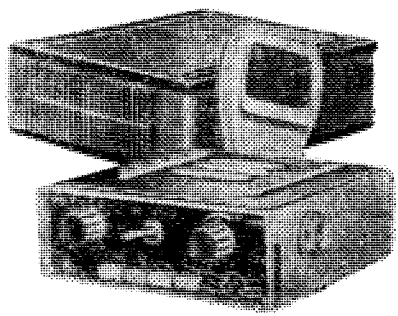


Fig. 2.3 Unitatea de comandă RTF-MF-S. Fig. 2.4 Radiotelefonul RTM-MF-S.

Se alimentează din rețeaua de 220 V prin redresor. Blocul (unitatea), de emisie-recepție al RTF este utilizat și la RTM.

O construcție asemănătoare are și aparatul USE-600 fabricat în R.D.G. Emițătorul lucrează cu puterea de 10 W și receptorul cu sensibilitatea de 0,8 μV.

Caracteristic acestui aparat este echiparea cu 8 sau 16 canale.

Pentru aparatele USE-600 fabrica produce ca anexe cîteva tipuri de cutii de comandă, redresoare cu stabilizatoare și cîteva tipuri de microfoane, în cadrul sistemului U 600.

Tot I.E.M.I. București a realizat și radiotelefonul mobil RTM -MF-S cu variantele prezentate la RTF (fig. 2.4). În acest scop, la unitatea de emisie-recepție s-a adaptat o cutie de comandă cu gabarit redus și microfon separat, lesne de montat pe vehicule.

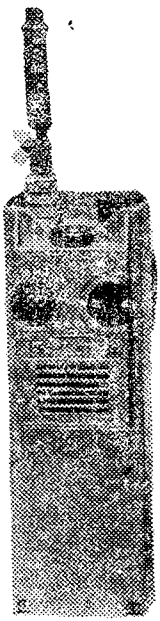


Fig. 2.5 Radiotelefonul RTP-MF-S.

Pentru a putea exploata aparatul pe locomotivele electrice, I.E.M.I. execută o variantă RTM-4 MF LE-S), pentru C.F.R., dotată suplimentar cu un convertor de alimentare a RT cu 24 volți din bateria locomotivelor electrice de 110 V, cît și cu două cutii de comandă și o antenă specială pentru locomotive.

Radiotelefonul mobil tip USE este dotat cu mai multe tipuri de cutii de comandă cu 8 sau 16 canale, cu convertoare de alimentare și difuzoare separate.

În categoria aparatelor portabile un loc de frunte ocupă aparatul românesc, RTP-MF-S, cu puterea emițătorului de 0,5—0,6 W și sensibilitatea receptorului de 0,7 μV (fig. 2.5). Are bateria de 500 mAh.

Radiotelefonul STORNO CQP 600 (transportabil), este dotat cu 12 canale. Are puterea emițătorului de 10 W, sensibilitatea de 0,3 μV, greutatea radiotelefonului 2,8 kg, iar bateria 4,8 kg (maximă).

2.3. Sisteme de lucru

Comunicațiile prin radiotelefoane se pot realiza pe baza a trei sisteme de lucru : duplex, simplex și semiduplex.

2.3.1. Sistemul duplex

În sistemul de lucru duplex, antena este conectată permanent în circuitul emițătorului și receptorului, care lucrează pe frecvențe separate (*F1* și *F2*) distanțate la interval mai mare de 3,7 MHz.

Emisia și recepția poate avea loc simultan, deoarece filtrul direcțional al antenei separă frecvențele celor două sensuri de convorbire (fig. 2.6).

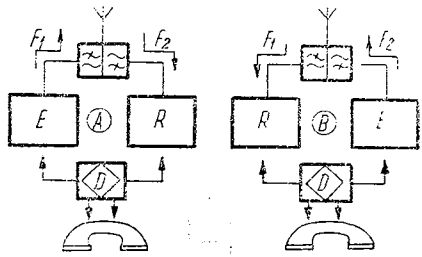


Fig. 2.6 Sistemul de lucru duplex.

Convorbirea se desfășoară ca la sistemele de curenți purtători, în montaj pe patru fire, cu recepția și emisia separate sau pe două fire, atunci cînd emisia și recepția este conectată printr-un sistem diferențial *D* clasic, de trecere de la patru la două fire, în joasă frecvență.

Dacă un radiotelefon este conectat la rețeaua telefonică prin intermediul acestuia, se pot stabili legături între un radiotelefon mobil și un post telefonic clasic.

Pe acest principiu se pot conecta la rețeaua telefonică națională localitățile îndepărtate, nedotate cu linii telefonice. Între ultima centrală telefonică și localitatea îndepărtată se realizează o legătură radio duplex (fig. 2.7).

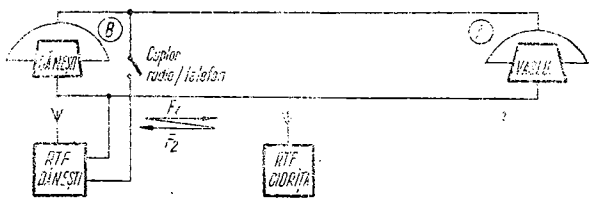


Fig. 2.7. Realizarea unei comunicații între un post telefonic *A* și o localitate dotată cu RT duplex.

Sistemul duplex permite şi folosirea unor staţii intermediare (de retranslaţie), pentru retransmiterea automată a semnalelor emise de două radiotelefoane ce se află în afara zonei normale de legătură în direct (fig. 2.8). Staţia de retranslaţie are două RT cu receptoarele şi emiţătoarele cuplate direct în joasă frecvenţă. Se folosesc patru frecvenţe.

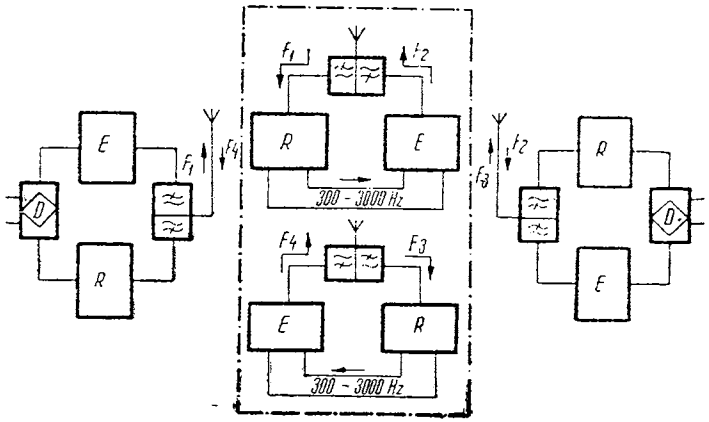


Fig. 2.8 Sistemul duplex cu staţie de retranslaţie.

Montajul duplex are în schimb dezavantajul că o convorbire nu se poate realiza decît între două aparate *A—B*, deoarece al treilea aparat *C* nu se poate acorda decît pe frecvenţa unuia dintre cele două radiotelefoane.

Din acest motiv, sistemul duplex este mai puţin folosit, ştiindu-se că, în procesul de producţie sînt angrenate în aceeaşi activitate mai multe persoane (agenţi de teren, dispeceri, conducători de vehicule).

2.3.2. **Sistemul simplex**

În cazul unor convorbiri cu mai mulţi participanţi se foloseşte sistemul simplex (fig. 2.9), prin care pot fi în legătură, pe aceiaşi frecvenţă, oricîte persoane.

Întrucît lucrează pe o singură frecvenţă şi se exclude filtrul direcţional, trecerea aparatului din recepţie în emisie se face prin-

tr-o comutare manuală, cu releu electromagnetic (RTM-MF-S, USE-600), releu electronic (RTP-MF-S) sau un comutator (CQP 500).

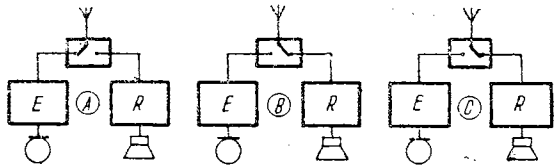


Fig. 2.9
Sistemul de lucru simplex.

Specific acestui radiotelefon este faptul că, în stare de repaus sau așteptare a unei convorbiri, antena se află comutată în ramura de recepție.

Deși acest sistem de lucru cere o disciplină a convorbirilor, are cea mai mare răspîndire. Prezintă în schimb desavantajul că distanța de lucru între două radiotelefoane simplex este limitată la zona de bătaie directă, neputîndu-se utiliza stații intermediare de retransmitere, clasice.

O stație intermediară acordată pe aceeași frecvență la recepție și la emisie, va intra în oscilație.

Se poate mări raza de activitate a unui RFT în montaj simplex, cît și calitatea comunicațiilor, plasîndu-l în zona de lucru a aparatelor corespondente (mobile și portabile), urmînd ca legătura între aparat și operatorul ce are locul de muncă la distanță de 5—10 km de RTF, să se execute prin două-trei circuite telefonice, necesare după caz, pentru difuzor, microfon și telecomanda releului de antenă (fig. 2.10).

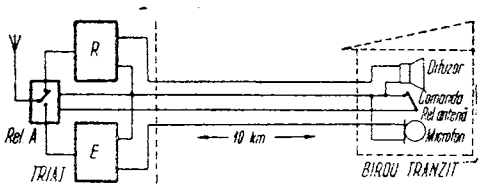


Fig. 2.10 RTF telecomandat de la 5—10 km prin două circuite telefonice (un fir — masa — este comun).

Eventual se utilizează în acest scop și un simplu circuit cu două fire, dotat cu un sistem de comutare prin voce (fig. 2.11).

Acest montaj permite conectarea unui RTF în montaj simplex la postul unei centrale telefonice, prin care se poate extinde comunicația la 20—60 kilometri distanță (fig. 5.8).

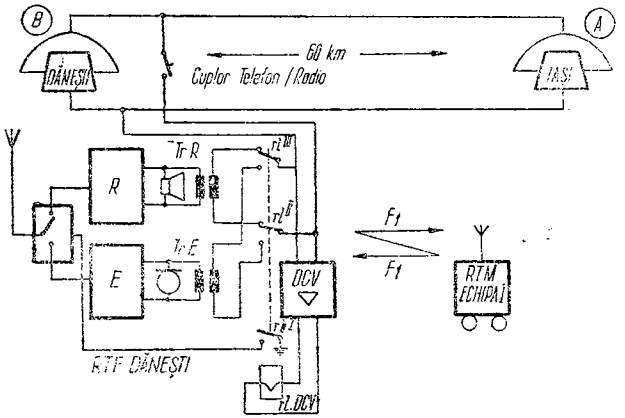


Fig. 2.11 Telecomanda unui RTF simplex, la mare distanță prin dispozitivul de comandă prin voce (DCV).

Cu aceiași eficiență se pot folosi într-o stație intermediară de retranslație două aparate dotate cu cîte un sesizor de purtătoare (fig. 5.7). În momentul cînd aparatul *A* emite pe frecvența *Fi*, acesta este recepționat de aparatul *B* intermediar, iar sesizorul de purtătoare comută în emisie radiotelefonul *C*, la care se transferă și frecvența vocală primită de *B*.

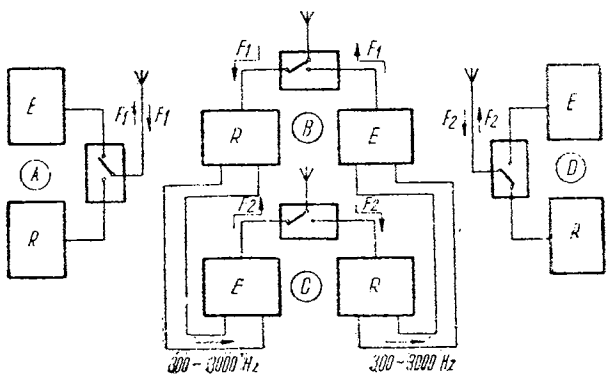


Fig. 2.12 Sistemul simplex cu stație de retranslație.

Aparatul *C* emite frecvența *F2* ce este recepționată de *D*. La rîndul său *D* emite pe *F2*, spre aparatul *C*, a cărui sesizor de

purtătoare trece în emisie pe aparatul *B* care emite *F1* spre *A* (fig 2.12).

2.3.3. Sistemul semiduplex

Dacă echipamentele simplex sînt dotate cu două frecvenţe de lucru, menţinîndu-se sistemul de comutare, se obţine sistemul semiduplex care are avantajul retransmiterii comunicaţiilor la mare distanţă prin intermediul unei staţii intermediare.

Spre deosebire de staţia de retransmitere folosită la sistemul duplex, la sistemul semiduplex staţia este mai simplă. Profitînd de faptul că cele două radiotelefoane aflate în legătură nu se pot afla decît în poziţia de emisie sau recepţie, prin comutarea antenei, staţia de retransmitere foloseşte numai două frecvenţe, motiv pentru care se poate folosi ca staţie de retransmisie un radiotelefon duplex, cu circuitul de joasă frecvenţă al recepţiei, cuplat direct la circuitul de joasă frecvenţă al emisiei.

2.4. Reţele de radiotelefonie locală

Radiotelefoanele se pot afla în legătură directă (cea mai simplă legătură stabilindu-se între două aparate), cît şi în legături complexe, formînd reţele.

Mai multe radiotelefoane prevăzute a fi în legătură între ele formează o reţea.

După modul de interconectare între radiotelefoane, reţelele pot fi de mai multe feluri :

— reţeaua de radio tip „grătar“

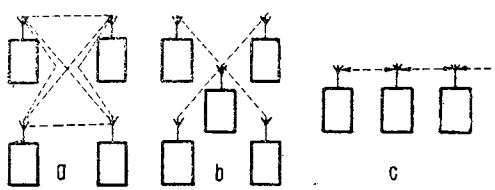


Fig. 2.13 Reţele de radiotelefoane locale :
a — reţeaua tip grătar ; b — reţeaua tip stea ; c — reţeaua tip panglică.

— reţeaua de radio tip „stea“

— reţeaua de radio tip „panglică“.

În cadrul rețelei tip „grătar" (fig. 2.13 *a*), fiecare radiotelefon poate avea legătura directă cu oricare alt radiotelefon din rețea. Aceasta este și rețeua utilizată la C.F.R.

În rețeaua tip „stea", radiotelefoanele au legătură directă numai cu stația de radio centrală, (fig. 2.13 *b*). Stația centrală poate însă să cheme pe oricare dintre stațiile din rețea. Asemenea rețele lucrează în sistem duplex, sau pe bază de apel selectiv, permițînd utilizarea eficientă a frecvenței alocate, deoarece posturile nu se pot deranja, datorită sistemului de blocare a recepției.

Rețeaua „panglică" asigură comunicații între două locuri de muncă îndepărtate prin cîteva aparate intermediare cu operatori care retransmit informațiile (fig. 2.13 *c*).

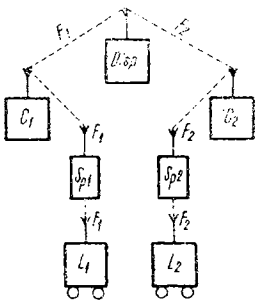


Fig. 2.14 Rețeaua de RT a serviciului de transporturi dintr-o uzină :
Disp. — dispecer ; C_1 — C_2 — cabine acari ; Sp_1 — Sp_2 — șefi partidă ; L_1 — L_2 — locomotive.

Figura 2.14 prezintă o schemă model de funcționare a radiotelefoanelor într-o mare uzină cu sarcini de transporturi.

3. COMPONENTE SPECIALE UTILIZATE ÎN RADIOTELEFONIE

Trecerea radiotelefoanelor simplex și semiduplex din recepție în emisie, se execută prin intermediul unor dispozitive speciale, cu ajutorul cărora se comută antena și electroalimentarea de la receptor la emițător.

În acest scop radiotelefoanele portabile sînt dotate fie cu cîte un comutator lamelar multiplu și neprotejat (CQP 500), fie cu cîte un simplu întrerupător, prin care se comandă un releu electronic (RTP I.E.M.I.). De asemenea, se folosește un microîntrerupător rapid combinat cu un microreleu electromagnetic (UFT 422, VXW 100).

Unele elemente de comutare fiind mai puțin cunoscute, le vom prezenta în paginile următoare.

3.1. Microîntrerupătoare rapide

Întrerupătoarele subminiaturizate denumite și microîntrerupătoare rapide (pin) sau întrerupătoare sensibile, cu rupere bruscă, sînt de o construcție specială, cu gabarit redus (de exemplu: $6 \times 9 \times 13$ mm).

Au mare viteză de comutare și revenire automată în stare de repaus, astfel ca să poată efectua trecerea rapidă a radiotelefonului dintr-o stare în alta (fig. 3.1).

Se mai caracterizează prin cursă de acționare redusă de ordinul zecimilor de milimetru, forță de acționare slabă (cîteva zeci de grame), mare fiabilitate și viață lungă (10^6—10^7 acționări sau cicluri).

De regulă sînt construite din material termoplastic și un mecanism cu 2 contacte fixe, între care acționează o lamelă cu un contact mobil (fig. 3.2).

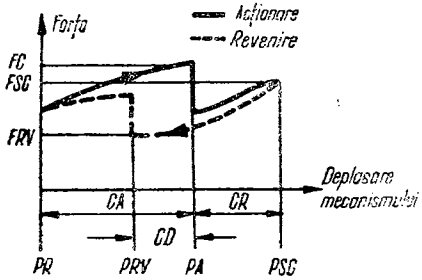


Fig. 3.1 Diagrama de funcționare a microîntrerupătorului rapid.

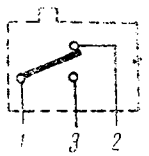


Fig. 3.2. Construcția microîntrerupătorului rapid.

Mecanismul este construit din oțel inoxidabil sau bronz cu beriliu, care oferă mare conductibilitate electrică, rezistență la oxidare și elasticitate mecanică.

În funcție de curentul de lucru contactele se confecționează din argint-oxid de cadmiu, argint-nichel, platină sau tungsten.

Pentru alegerea lor judicioasă se ține seama de caracteristicile de mai jos, pe care le-am exemplificat cu parametrii microîntrerupătorului 83.141 (Crouzet), cu gabaritul : 5×9×13 mm.

— Cursa de apropiere CA, între poziția de repaus PR și poziția de acționare PA cînd mecanismul comută (0,42 mm).

— Cursa reziduală CR, între poziția de acționare PA și poziția de sfîrșit de cursă PSC (0,1 mm).

— Cursa diferențială CD între poziția de acționare PA și poziția de revenire PRV în stare de repaus (0,02—0,06 mm).

De remarcat că depășirea cursei reziduale prin forțare poate distruge microîntrerupătoarele.

— Forța de comandă FC pentru deplasarea în poziția de acționare PA (2 N).

— Forța de revenire FRV, la care trebuie redusă FC pentru revenirea contactului în poziția de repaus (0,4 N).

— Forța maximă admisibilă la sfîrșitul cursei FSC, pe care o poate suporta mecanismul spre a nu se defecta (10 N). *Nerespectarea acestei forțe și apăsarea la maxim a butonului de comandă provoacă distrugerea microîntrerupătorului (UFT 422).*

Din acest motiv, cursa pîrghiilor intermediare pentru comanda butonului microîntrerupătoarelor de la microfoane se verifică și reglează pentru a nu depăși FSC.

Aceste forțe se măsoară în grame sau Newtoni (1N $\approx$ 100 g).

În catalog se mai dau și alți parametri cum ar fi : temperatura de lucru (—50°C + 120°C), comportarea la vibrații, durata de viață, calculată pentru o acționare pe secundă (10^5), curentul (1A), tensiunea de lucru (250 V) și rezistența de contact (60 miliohmi).

Deoarece creșterea curentului de lucru reduce viața microcontactului, există grafice în care se prezintă variația numărului de acționări în funcție de curentul de lucru. Astfel un microcontact calculat pentru 10^6 acționări la curentul de 0,1 A, lucrează numai 10^5 acționări la curentul de 1 A.

Fiindcă repararea lor este foarte dificilă, în cazuri de urgență se pot înlocui cu simple contacte lamelare, confecționate cu mijloace locale (exemplu microfonul RTM I.E.M.I.).

3.2. Microrelee

În radiotelefonie se utilizează atît relee neutre, care acționează la trecerea curentului prin înfășurări, indiferent în ce sens, cît și relee polarizate care acționează și-și comută armătura în funcție de sensul curentului prin înfășurare, datorită polarizării cu ajutorul unui magnet permanent.

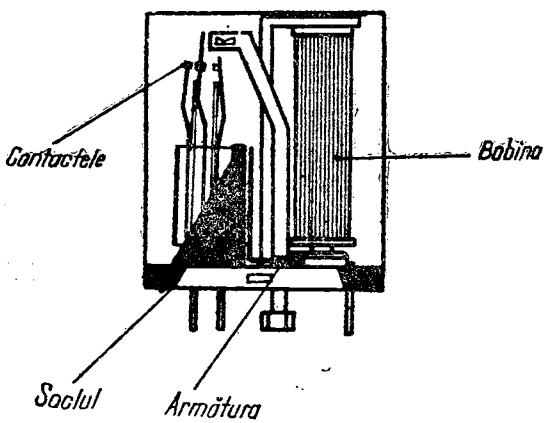


Fig. 3.3 Releul neutru tip miniatură.

Releele neutre sînt de tipul miniatură, etanșate în carcase metalice cu gaz inert sau vid (RE 101 din VXW 100) sau de tipul Kammrelais (fig. 3.3) protejate în carcase din material plastic (K 141 din RTM).

Releele neutre au următoarele caracteristici electrice mai importante :

— capacitatea de comutare reprezentată prin numărul de circuite ce se pot comuta simultan (2—3) ;

— sensibilitatea reprezentată prin puterea electrică minimă necesară pentru acționare ;

— timpul de acționare în ms ;

— timpul de eliberare în ms ;

— curentul de rupere sau comutare în A ;

— numărul de acționări garantate ;

— tensiunea admisibilă între contacte.

Pentru a se realiza o comutare rapidă, cu consum de energie minim (mai ales la RT portabile), se utilizează microreleele polarizate.

Deplasarea armăturii cu contacte a acestor relee se face rapid, ca urmare a modificării fluxului magnetului permanent, de către fluxul curentului de trecere prin înfășurări.

Releele de acest gen au mare sensibilitate, timp mic de comutare și avantajul acționării în direcția comandată de sensul curentului de lucru.

Asemenea relee sînt utilizate în mai multe radiotelefoane (UFT 422, UFS 601 etc.).

Pentru a proteja emițătorul radiotelefonului UFT 422, împotriva lucrului în gol la emisie, releul polarizat Rs 1 este conectat în serie cu un condensator de 22 μF, prin care primește un impuls. Ca efect se atrage și comută antena înainte ca emițătorul să intre în regim maxim.

Aceasta este posibil fiindcă în paralel cu emițătorul se află și un condensator de 47 μF care se încarcă în momentul trecerii aparatului în emisie. Cînd se trece în recepție releul Rs 1 capătă un impuls invers tot cu întîrziere.

În același scop și radiotelefonul UFS 601 este dotat cu releul polarizat de antenă Rs 400, înseriat cu un condensator de 20 μF și cu un releu neutru de alimentare Rs 700, conectat în paralel, cu un condensator de 50 μF.

Releul polarizat din UFT 422 și din UFS 601 este de tipul C6/55 Au-Ni 5, RFT (fig. 3.4).

Conform standardului german TGL 6625 (RDG), pentru relee, litera C indică categoria releelor polarizate, miniaturizate cu două poziții de repaus.

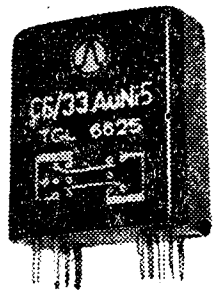


Fig. 3.4 Releul C 6 (vedere).

Cele două cifre alcătuiesc numărul caracteristic al bobinajului, în baza căruia, din tabele se află numărul de spire și rezistența înfășurărilor.

În cazul de față 55 indică două înfășurări de cîte 3 000 spire cu $200 \pm 20\%$ ohmi fiecare.

Materialul din care este construit sistemul de contacte este reprezentat prin simbolul Au-Ni 5 și realizează o rezistență de contact mai mică de 60 miliohmi.

Releul are 11 picioare, repartizate conform figurii 3.5.

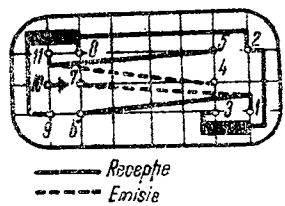


Fig. 3.5. Conexiunile releului C6/55 în poziția de recepție.

Pentru acționare necesită 40 Amperspire cu ambele înfășurări în serie ($I \approx 6$ mA).

La curentul de lucru 0,4 A (în contacte) și puterea de 6 W are durata de viață de $5 \cdot 10^6$ cicluri.

Pentru comutare necesită 3 ms.

Mecanismul și contactele releului sînt etanșate într-o carcasă metalică. Cînd se defectează se poate repara și recapsula prin lipire cu cositor. În timpul acționărilor aerul din capsulă se rarefiază.

Verificarea și reglarea acestor relee se execută cu pupitrul din figura 13.6.

Dacă se schimbă montajul, releul polarizat tip *C* se poate înlocui cu releul neutru Electromagnetica tip RS-71614 GF de 1 000 ohmi și 24 volți, dar care implică un consum de energie suplimentar.

3.3. Cristale cu cuarț

Stabilitatea mare specifică oscilatoarelor de emisie și recepție, din radiotelefoane, se obține cu ajutorul rezonatoarelor cu cuarț. Aceasta este posibil datorită efectului de piezoelectricitate specific cristalelor de cuarț (SiO_2) naturale sau sintetice, cît și cristalelor din turmalină sau titant de bariu.

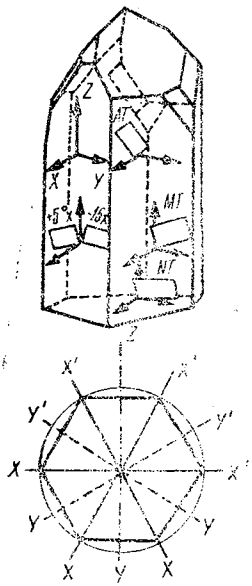


Fig. 3.6 Axele cristalului de cuarț și tăierea plăcuțelor.

Deoarece **cuarțul cristalizează** după sistemul hexagonal (fig. 3.6) este caracterizat prin axele electrice *(X),* care trec prin vîrfurile secțiunii transversale hexagonale, axele mecanice *(Y)* perpendiculare pe laturile hexagonale și axa optică *(Z),* care trece prin vîrfurile cristalului.

Tăind plăcuțe subțiri la anumite unghiuri față de axele cristalografice (fig. 3.6) se obțin rezonatoare cu caracteristici electrice deosebite, în funcție de tipul tăieturii (tabelul 3.1).

Supunînd asemenea plăcuțe la eforturi mecanice pe fețele laterale vor apărea diferențe de potențial (efectul piezoelectric), iar în cazul introducerii plăcuțelor sub o diferență de potențial alternativă, plăcuța vibrează, în ritmul curentului alternativ (fig. 3.7).

Cînd frecvența curentului alternativ este egală cu frecvența de rezonanță mecanică a plăcuței, amplitudinea vibrațiilor va fi maximă, iar cristalul se comportă ca un circuit electronic cu mare selectivitate.

Tabelul 3.1

Frecvențele de lucru a cristalelor de cuarț în funcție de tăietură

Tăietura	Frecvența fundamentală kHz	Tăietura	Frecvența fundamentală kHz	Tăietura (carcasă subminiatură)	Frecvența MHz
XY	4—10	NT	4—100	AT	Fundamentala 5—20
X+1...X+5	50—160	DT	150—250	AT	Armonica 3 17—52
CT	250—800	AT miniatură	800—20 000	AT	Armonica 5 50—100
				AT	Armonica 7 100.140

Plăcuțe de acest gen, fixate între suporți cu contact intim și electrozi de prindere la circuite formează rezonatoare piezoelectrice.

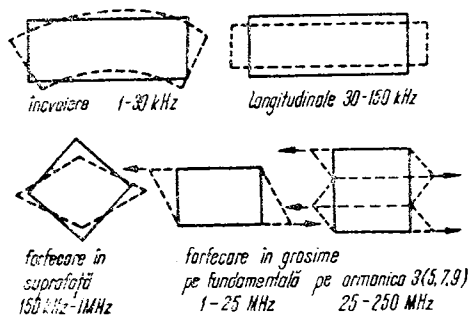

încovoiere 1-30 kHz
Longitudinale 30-150 kHz
forfecare în suprafață 150 kHz-1MHz
forfecare în grosime pe fundamentală 1-25 MHz
pe armonica 3(5,7,9) 25-250 MHz

Fig. 3.7 Vibrațiile rezonatorului de cuarț.

Deoarece frecvența de rezonanță mecanică a cristalelor depinde de tăietura cristalului, cît și de grosimea plăcuței, nu se pot realiza rezonatoare pentru frecvențe foarte mari, deoarece lamela de cuarț ar fi prea subțire și fragilă.

Din acest motiv se taie lamela de cuarț care să lucreze pe frecvența mecanică fundamentală aproximativ între 0 — 20 MHz. Pentru frecvențe superioare se taie lamele special dimensionate, pentru

utilizarea pe armonicile impare (de ordinul 3, 5, 7, 9). Limitele frecvențelor de lucru pe armonice depind de producătorul cristalelor.

De exemplu cristalele HC 42 U (ITT) lucrează pe fundamentală la 4 ... 25 MHz, pe armonica 3 la 18 ... 75 MHz, pe armonica 5 la 50 ... 125 MHz, pe armonica 7 la 70 ... 175 MHz și pe armonica 9 la 90 ... 250 MHz.

Cristalul de cuarț fiind un element stabil chimic și dur, are cele mai largi utilizări.

Fiindcă cristalele pure în stare naturală se găsesc rar, deși bioxidul de siliciu reprezintă 14% din scoarța pământului, în prezent se obțin cristale de cuarț sintetice, crescute în laboratoare. Sinteza lor se realizează din soluții calde și saturate de SiO_2, introduse în autoclave, la temperatura de circa 450°C și presiunea de 1000 kg/cm², în care se plantează bucăți mici de cristal, ca semințe.

Datorită creșterii într-un ritm de circa 25 mm pe zi, producția mondială de cristale de cuarț se mărește și ieftinește mereu.

Rezonatoarele cu cuarț se comportă ca un circuit electronic cu factorul de calitate Q foarte mare și schema echivalentă din fig. 3.8. Această schemă se poate reduce la o impedanță Z compusă dintr-o componentă reactivă Xe și una activă Re.

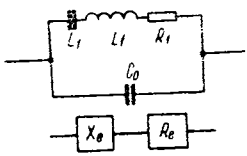


Fig. 3.8 Schema echivalentă a rezonatorului cu cuarț.

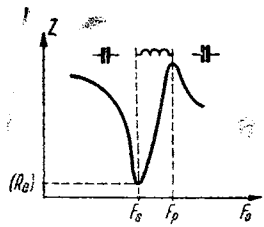


Fig. 3.9 Variația impedanței rezonatorului cu cuarț cu frecvență.

Datorită inductanței dinamice $L1$ reprezentată de masa cristalului, capacității dinamice serie $C1$, reprezentată de elasticitatea cristalului și rezistenței de pierderi $R1$, produsă de frecările mecanice, cuarțul prezintă o rezonanță serie (Fs) la care impedanța Zs este foarte mică $(Xe + Re \approx R1)$.

$$Fs = \frac{1}{2\pi \sqrt{L1 \cdot C1}}$$

Capacitatea statică Co a suporților și electrozilor determină și o rezonanță de tipul paralel (Fp) cu impedanță Zp, mare, fig. 3.9.

$$Fp = \frac{1}{2\pi \sqrt{L1 \frac{CoC1}{Co + C1}}}$$

Raportul $\rho = \frac{Co}{C1}$ se consideră randamentul piezoelectric și este specific fiecărui tip de rezonator, mod de tăiere și vibrație.

Frecvențele Fs și Fp sînt apropiate deoarece capacitățile serie sînt mici (de exemplu $C1 = 0{,}042$ pF iar $Co = 5{,}8$ pF).

Între Fs și Fp circuitul se comportă ca o inductanță cu valoare mare (1 — 10 H), dînd mare stabilitate oscilatoarelor.

Cum $R1$ la rezonanța pentru frecvențe mari are valori mici (150 — 200 ohmi), factorul de calitate Q este foarte mare :

$$Q = \frac{2\pi FsL1}{R1} (1\,000 \ldots 50\,000)$$

Q poate ajunge la $0{,}5 \cdot 10^6 \ldots 2 \cdot 10^6$ cînd se introduce rezonatorul într-o carcasă cu vid spre a se evita frecarea aerului.

Informativ prezentăm caracteristicile cristalului de cuarț în vid tip 5 M 5-M 20/A (Quarzkeramik GMBH) pentru 5 MHz : $Co < 7$ pF, $C1 \approx 0{,}05$ pF, $L1 \approx 9$H, $R1 < 130$ ohmi, $Q > 2 \cdot 10^6$.

Oscilatoarele realizate cu cristale de cuarț pot lucra pe frecvențele Fs, Fp sau pe o frecvență oarecare, cuprinsă în banda B $(B = Fp — Fs)$ dintre cele două limite. Rezonanța serie oferă o mare stabilitate oscilatoarelor. Rezonanța paralel este utilizată la frecvențe mari, între 20 — 40 MHz.

Întrucît temperatura influențează stabilitatea frecvenței datorită modificării dimensiunilor lamelei de cuarț, cristalele cu mare stabilitate la temperatură au tăietura AT (la 35° față de axa OZ) vibrînd la forfecare. Sensul variației frecvenței cu temperatura (+ sau —) depinde de tăiere. În general cristalele de cuarț prezintă fenomenul îmbătrînirii care este puternic la temperaturi ridicate și nivele mari de excitație. Se atenuează printr-o îmbătrînire artificială efectuată la temperatură ridicată (+85°C la ITT), în fabrica producătoare.

De exemplu cristalul de mai sus, tip 5 M 5-M 20/A are o îmbătrînire zilnică de $4 \cdot 10^{-10}$/zi, la curentul de lucru 100 μA (măsurată după 30 zile de lucru).

Rezonatoarele cu cuarț sînt identificate prin următorii parametri ce se prezintă în cataloagele fabricilor producătoare :

— Frecvența nominală sau de lucru *Fo*, la care cristalul oscilează cu amplitudine maximă.

— Temperatura medie de lucru sau de referință *To*.

De obicei *To* se consideră la +25°C.

— Limitele (intervalul) temperaturii de lucru *T1 ... T2*.

— Stabilitatea frecvenței $\frac{dFo}{Fo}$, între limitele temperaturii de lucru *(T1 ... T2)*.

Producătorii de cristale (NARVA și C. ZEISS — RDG, ZEπE — RPB, CEPE — Franța, ITT etc.) livrează cristale cu diferite stabilități cuprinse între $\pm 5 \cdot 10^{-6}$ și $\pm 150 \cdot ^{-6}$ pentru intervalul *T1 ... T2* necesar.

— Variația relativă a frecvenței pentru reglaj $\frac{dFo}{Fo}$, la *To*.

De asemenea se livrează cristale cu diferite posibilități de reglaj, cuprinse între $\pm 10 \cdot 10^{-6}$ și $\pm 50 \cdot 10^{-6}$, la *To*.

— Stabilitatea frecvenței în timp, datorită îmbătrînirii $\frac{dFo}{Fo}$, în zile, pe lună sau an. Se măsoară la temperatura constantă.

— Impedanța activă *Re* a cristalului de cuarț la rezonanță.

— Factorul de calitate *Q*.

— Capacitatea dinamică serie *C1*.

— Inductanța *L1*.

— Capacitatea statică (în paralel *Co*).

— Capacitatea de sarcină *CL* (admisibilă) a circuitului electronic în care se utilizează rezonatorul și cu care se poate ajusta frecvența nominală *Fo*.

Pentru funcționarea stabilă $CL \approx 3 \ldots 4\ Co$.

— Nivelul sau curentul semnalului de excitație a cristalului (0,1 — 2 mW). Depășirea acestui parametru provoacă înrăutățirea stabilității și distrugerea cristalului.

— Tipul rezonanței prescrise de fabrică (serie, paralel sau oarecare atunci cînd nu se precizează).

— Modul de funcționare al rezonatorului (pe fundamentală sau armonică).

— Tipul carcasei de protecție a cristalului. Carcasele cristalelor din radiotelefoane sînt confecționate din material inoxidabil, etanșate (cu gaz inert) și cu electrozi scurți pentru fixare în socluri sau cu electrozi lungi pentru lipire. Se utilizează carcase cu dimensiuni normalizate pe plan internațional, dar cu diferite indicative specifice fabricii constructoare. Există cataloage de echivalență a tipurilor de carcase.

Astfel, carcasele subminiatură cu indicativul HC 25 U (Germania), M 2 (ZEπE-RPB), VB (CEPE-Franța), KD2/13 (Tesla-RSC) au aceleași dimensiuni (figura 3.10).

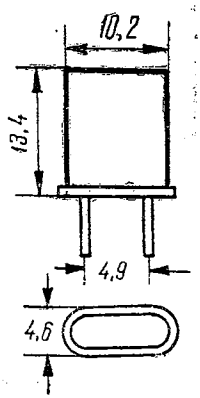


Fig. 3.10 Dimensiunile rezonatorului de cuarț tip subminiatură.

În tabelul 3.2 se prezintă cu caracter informativ parametrii rezonatoarelor cu cuarț utilizate în unele radiotelefoane.

Tabelul 3.2

Parametrii rezonanțelor cu cuarț, utilizate în radiotelefoane

Cristalul tip	Frecvența **Fo** MHz	Temp. **To** °C	Intervalul T1...T2 °C	$\frac{dFo}{Fo}$ la To $\times 10^{-6}$	$\frac{dFo}{Fo}$ la T1—T2 $\times 10^{-6}$	Îmbătrînirea $\frac{dFo}{Fo}$ pe an $\times 10^{-6}$	**CL** pF	**Ri** ohmi	Funcționarea	Nivelul mW
HC 25 U Karl Zeiss	11...15	+25	—20... +50	±10	±15	±10	30	20	Serie Fund.	1—2
HC 25 U Karl Zeiss	38...55		—20... +50	±10	±15	±10	30	40	Serie armonica trei	1—2
HC 18 U Karl Zeiss	11, 170 sau 10,230	+25	—20... +50	±10	±25	±10	30	40	Serie Fund.	1—2
ITT 4203 (HC 25 U)	4...20	+24	—20... +70	±10	±10	—	30	—	—	1
M1 ZEπE RPB	5...100	+25	—20... +70	±15	±30		—	—	—	—

Parametrii rezonatoarelor se verifică cu aparate complexe, însă starea de funcționare se poate stabili cu oscilatorul din figura 3.11, în circuitul căruia se conectează rezonatorul Y de verificat. Cînd acesta lucrează se aprinde lampa *L1*.

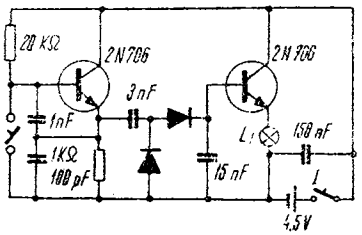


Fig. 3.11 Dispozitiv pentru verificarea rezonatoarelor cu cuarț.

3.4. **Filtre de bandă cu cristale piezoelectrice**

În tehnica actuală a receptoarelor de radio se utilizează filtre electrice de bandă, de tipurile *LC* cu cuarț, magnetoelectrice, sau ceramice.

Indiferent ce tip de filtru se utilizează, aprecierea calităților sale se face analizîndu-l din punct de vedere al caracteristicii de frecvență (figura 3.12) sau al indicatorilor de calitate prezentate mai jos :

— Frecvența centrală sau de referință *(Fo)*;

— Banda de trecere *B*, limitată de frecvențele între care semnalele pot trece cu o atenuare mai mică de 1,5 dB, 3 dB, 6 dB.

— Neuniformitatea atenuării în banda de trecere (1 — 3 dB).

— Banda atenuată cu 30 dB, 60 dB, 80 dB sau 90 dB.

— Pierderea de semnal prin filtru (atenuare de inserție).

— Gama temperaturilor de lucru.

— Impedanța de ieșire pentru adaptare (*R* în ohmi și *C* în pF).

Spre deosebire de filtrele *LC* care au factor de calitate *Q* mic (200 — 400) și performanțe mai reduse, filtrele de bandă cu cristale de cuarț întrunesc toate condițiile cerute radiotelefoanelor moderne, construite cu mare număr de canale, situate la intervale de 25 kHz, 20 kHz sau chiar 12,5 kHz.

Aceste filtre pot avea banda de trecere de la cîteva sute de Hz la cîteva zeci de kHz.

Lărgimea benzii de trecere a filtrelor cu cuarț depinde de numărul cristalelor și adaptarea lor.

La unele radiotelefoane se utilizează filtre de bandă simple (fig. 3.13) cu un singur cristal situat într-un braț al punții filtrului și un condensator de simetrizare în celălalt braț (UFS 601).

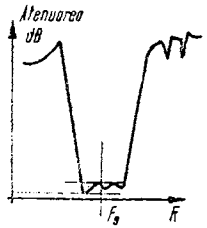


Fig. 3.12 Caracteristica de frecvență a filtrului de bandă.

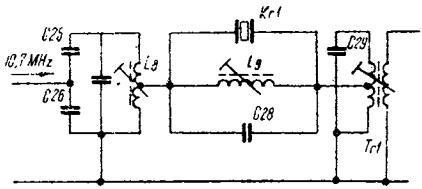


Fig. 3.13 Construcția filtrului de 10,7 MHz din radiotelefonul UFS 601.

Prin acest condensator se neutralizează semnalul care trece prin capacitatea *Co* a cristalului și se utilizează numai semnalul ce trece datorită rezonanței serie.

Acest filtru are o caracteristică de frecvență cu un maxim și un apendice datorită rezonanței paralel, situată la circa 0,01% din frecvența de rezonanță serie.

Inductanța *L9* aplatizează caracteristica de frecvență a filtrului. Filtrul are o atenuare < 8 dB, la 10,7 MHz, ± 10 kHz și o atenuare > 15 dB la 10,7 MHz ± 25 kHz.

Înlocuind condensatorul cu al doilea cristal de cuarț, (fig. 3.14), se obține o caracteristică de frecvență cu mare rectangularitate, la

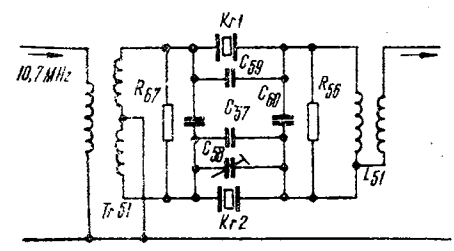


Fig. 3.14 Construcția filtrului de 10,7 MHz din radiotelefonul USE 600.

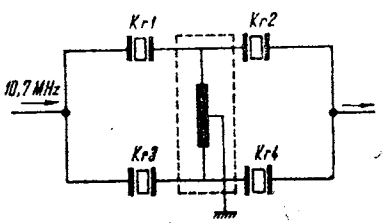


Fig. 3.15 Schema filtrului cu cristale de cuarț în punte.

care lărgimea benzii de frecvenţă este dată de diferenţa frecvenţelor celor două cristale (USE 600).

Condensatorul semivariabil conectat în paralel cu cristalul de frecvenţă mai ridicată serveşte pentru simetrizare.

Cele mai eficace sînt filtrele cu 4 cristale montate în punte, după schema din fig. 3.15 şi ecranate într-o carcasă metalică etanşată.

Au caracteristici de frecvenţă rectangulară, cu mare atenuare în afara benzii de trecere, însă sînt fragile şi vulnerabile la vibraţii şi şocuri.

Datorită performanţelor ridicate în CQP 500 se utilizează un filtru de 10,7 MHz, eliminîndu-se a doua schimbare de frecvenţă.

În cazul unor depanări se simetrizează şi reglează foarte greu, acordîndu-se inductanţa L pentru frecvenţa centrală a benzii de trecere.

Datorită îmbătrînirii cristalelor de cuarţ în timpul exploatării se decalibrează.

Pentru a preveni îmbătrînirea prematură nivelul maxim de excitaţie al filtrelor de acest gen, nu trebuie să depăşească —10 dB.

Nivelele mai mari de 0 dB sînt periculoase, putînd defecta cristalele din filtru şi produce rezonanţe parazite.

De mare importanţă pentru obţinerea unei uniformităţi minime, în banda de trecere, este adaptarea sarcinii la ieşirea filtrului.

Atenuările de 80 — 90 dB se obţin numai în cazul ecranării superioare a circuitelor de intrare faţă de circuitele de ieşire, cît şi prin simetrizarea circuitelor exterioare filtrului.

Fig. 3.16 Filtrul de cuarţ cu structura monolitică.

O mare răspîndire are în prezent filtrul de bandă cu o structură monolitică care are o deosebită trăinicie fiind excluse conexiunile între elemente (fig. 3.16).

De acest tip sînt filtrele de bandă ITT din RTM IEMI şi filtrele Tesla din VXW 100.

Deoarece filtrele ITT se utilizează şi în echipamentele româneşti prezentăm codul lor : primele două cifre dau indicaţii cu privire la carcasă, a treia cifră indică numărul elementelor monolitice. Prima literă după cifre arată pentru ce interval sînt fabricate : (A la 50 kHz, B la 25 kHz, C la 20 kHz iar D la 12,5 kHz).

Ultima literă este specifică tipului de filtru.

În tabelul 3.3 se găsesc parametrii de funcţionare a unor filtre utilizate curent în radiotelefoane.

Tabelul 3.3

Parametrii filtrelor cu cuarţ de 10,7 MHz, utilizate în radiotelefonie

Filtrul tip	Utilizare în RT	Banda de trecere		Banda atenuată			Neuniformitatea	Atenuarea de trecere	Zs	C	Temperatura de lucru
		cu 3 dB kHz	cu 6 dB kHz	60 dB kHz	80 dB kHz	90 dB kHz	dB	dB	ohmi	pF	°C
C 25 monolitic CEPE Franţa.	UFT 422		±7,5	±15	±20	±300	2	4	820	25	
FTS 36 C 25 clasic CEPE	idem		±7,5	±20	±25		2	6	800	27	
084BA monolitic ITT Anglia	RTM IEMI	±7,5			70 dB la ±17,5	±25	2		910	25	
PKF 10,7 MHz 15/A 90600 monolitic Tesla	VXW 100	±7,5		±25					1 500	25	—40 +80

În figura 3.17 se prezintă caracteristica de frecvenţă a filtrului FM C 25.

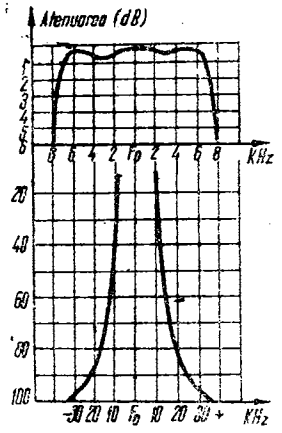


Fig. 3.17 Caracteristica de frecvență a filtrului FMC 25.

3.5. Filtre magnetoelectrice

Filtrele magnetoelectrice, numite și electromecanice se utilizează ca filtre de bandă în etajele FiII din radiotelefoane.

Față de filtrele cu cristale construite pentru FiII, sînt mai puțin voluminoase și mai ieftine.

Se construiesc cu banda de frecvență cuprinsă între cîteva zeci de Hz și 30 — 40 kHz, iar selectivitatea este de 60 dB.

Filtrele magnetoelectrice lucrează pe principiul selecției frecvenței cu ajutorul rezonanței mecanice (în discuri, lamele sau bare) a unui rezonator, precedat de un traductor, ce transformă oscilațiile electrice ale semnalului *F* în oscilații mecanice. După filtrare un alt traductor, situat la ieșirea rezonatorului lucrează invers, transformînd oscilațiile mecanice filtrate în oscilații electrice.

Traductorul de intrare este format din circuitul *L1 C1* (figura 3.18) în cîmpul căruia se află un ax din ferită *D*, cu proprietate magnetostrictivă (variația dimensiunilor longitudinale în funcție de variația cîmpului electromagnetic al inductanței *L1*).

Ferita *D* este fixată la primul disc din rezonatorul mecanic. Discurile rezonatorului calculate în numărul necesar selectivității dorite, sînt conectate între ele prin cîteva fire metalice, de cuplaj, sudate la periferie. De ultimul disc este fixat miezul traductorului

de ieşire. Bobinele sînt introduse în carcase. Condensatoarele *C1* şi *C2* servesc pentru acordarea circuitelor la rezonanţa *Fi*II. Magnetul permanent *M* serveşte pentru magnetizarea iniţială şi alegerea punctului de funcţionare pe curba histerezis.

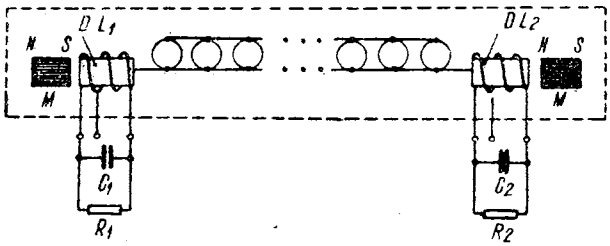


Fig. 3.18 Construcţia filtrului magnetoelectric.

Întreg montajul este protejat împotriva umezelii, temperaturii şi influenţelor cîmpurilor electromagnetice străine, printr-un tub de sticlă etanşat într-o boxă antimagnetică.

Semnalul de înaltă frecvenţă se aplică la capătul sau mediana de adaptare a bobinei *L1*.

Datorită cîmpului electromagnetic variabil, şi efectului de magnetostricţiune, miezul *D* vibrează, transmiţînd oscilaţiile mecanice din disc în disc, la traductorul de ieşire care se comportă invers.

Semnalul cu frecvenţa *Fi*II egală cu frecvenţa de lucru, a filtrului, provoacă rezonanţa întregului sistem, fapt pentru care numai acest semnal ajunge cu amplitudinea maximă la ieşire. Elementele rezonatorului pot lucra la torsiune sau compresiune.

Fiecare disc din rezonator este echivalent cu un circuit oscilant al filtrului electric, cu factorul de calitate între 8 000 ... 15 000.

Firele de legătură a discurilor echivalează cu capacitatea de cuplaj.

Spre edificare arătăm că filtrul sovietic EMF-D-500-3V pentru 500 kHz are 9 rezonatoare disc, cu diametrul de 8,5 mm şi grosimea de 1,86 mm. Rezonatoarele situate la intervalul de 1 mm sînt cuplate prin 3 conductoare cu diametrul de 0,25 mm. Miezul traductorului are diametrul de 0,12 mm şi lungimea de 11 mm. Datorită construcţiei mecanice fine, filtrele de acest gen trebuie apărate de şocuri. Traductorul lucrează neliniar la semnale de intrare, cu am-

plitudine mai mare de 0,5 ... 1 V, iar la ieşirea sa pot apărea frecvenţe parazite. Nerespectarea rezistenţelor de adaptare afectează coeficientul de neuniformitate.

Cînd rezistenţa internă *Ri* a unui filtru nu se cunoaşte, se poate determina alimentînd filtrul cu semnalul corespunzător frecvenţei de lucru. Conectînd la ieşire o rezistenţă variabilă, aceasta se reglează pînă ce semnalul de ieşire se reduce la jumătate din tensiunea de ieşire cu filtrul în gol. Rezistenţa astfel obţinută este egală cu rezistenţa filtrului.

Caracteristica de frecvenţă a filtrelor se ridică, închizînd filtrul pe o rezistenţă de sarcină egală cu rezistenţa sa internă şi măsurînd cu un voltmetru electronic.

Frecvenţa semnalului generatorului se măsoară cu un numărător de mare precizie.

În tabelul 3.4 se prezintă caracteristicile filtrelor de 450 kHz utilizate în radiotelefoanele germane.

Tabelul 3.4

Parametrii filtrelor magnetoelectrice de 450 kHz utilizat în radiotelefoanele UFS-601 şi USE-601.

Filtrul tip	Utilizare la intervalul kHz	Banda de trecere cu 3 dB kHz	Banda atenuată cu 70 dB kHz	Neunif. dB	Atenuarea de trecere dB	Rezistenţa Intr. kohmi	Rezistenţa Ieşire kohmi	Temp. °C	Tens. de intr. V	Nr. circuite
MF 450—1900	25	±9	*Fi* ± 24...70	1,5	5	20 sau 0,06	20 sau 0,6	—20 la +70	6	9
MF 450—3500	50	±17	*Fi* ± 40.. 100	1,5	5	20 sau 0,06	20 sau 0,6	—20 la +70	6	9
MF 450 1900/1	100	±8	*Fi* ± 24 (cu 40 dB)	1	4	1,2	0,6	—25 la +70	6	6

Caracteristica de frecvenţă a filtrului MF 450-1900 se observă în figura 3.19.

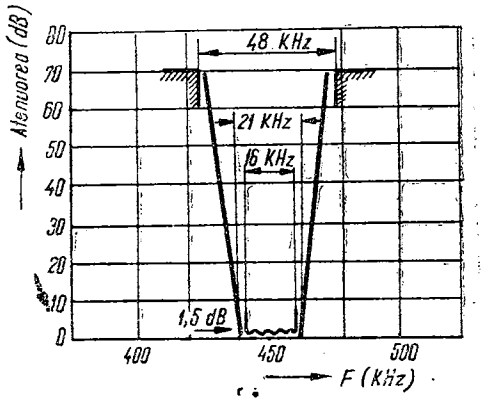


Fig. 3.19 Caracteristica de frecvență a filtrului MF 450-1900.

3.6. Filtre duplex

Pentru realizarea comunicațiilor radio în sistemul duplex, cu emisiuni și recepții simultane prin aceeași antenă, se utilizează filtre duplex care separă banda frecvențelor emițătorului de banda frecvențelor receptorului.

Din punct de vedere constructiv sînt realizate după o tehnică specială, pentru a realiza înaltă stabilitate, gabarit redus și o caracteristică de frecvență cît mai abruptă, în vederea atenuării frecvențelor nedorite.

Se compun dintr-un filtru trece jos și un filtru trece sus, cuplate într-un mod special.

În vederea cuplării cu *RT* sînt dotate cu o mufă de antenă, o mufă pentru receptorul *RT* și o mufă pentru emițătorul *RT* (fig. 3.20).

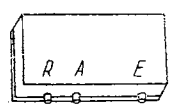


Fig. 3.20 Filtrul duplex-vedere.

Dintre filtrele utilizate curent citäm filtrul duplex tip 2 S 79-722-BUDAVOX, care realizează separarea frecvențelor emi-

ţătorului de ale receptorului, atunci cînd sînt situate la un interval minim de 3,7 MHz (interval duplex).

Lucrează cu o bandă de trecere de 0,8 MHz (gamele de frecvenţe 146—166 MHz şi 155—174 MHz), în benzile necesare sistemului duplex. Introduce o atenuare de trecere în ramura emiţătorului de 1,2 dB, iar în ramura receptorului de 1,5 dB.

Din contra atenuează frecvenţele emiţătorului în ramura receptorului cu 50 dB, iar ale receptorului în ramura emiţătorului cu 70 dB (frecvenţele interzise).

După modul de construcţie aparatul poate lucra cu o putere maximă de 50 W.

Performanţe apropiate au şi filtrele BF 611 şi BF 612 tip STORNO, pentru intervalul duplex de 4 MHz (atenuare 1,2 dB în ramura de emisie şi 1,3 dB în ramura de recepţie).

La intervalul de 10 MHz atenuarea este de 0,6 dB, în ramura de emisie şi 0,8 dB în ramura de recepţie.

Atenuarea frecvenţelor interzise depăşeşte 45 dB.

Banda de trecere este de 0,6 MHz în gama frecvenţelor 146—174 MHz şi la puterea de 25 W.

Are construcţia din figura 3.21.

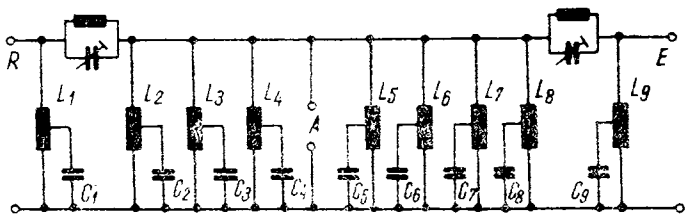


Fig. 3.21 Filtrul duplex BF 611 — schema electrică de principiu.

4. UNITATEA DE EMISIE-RECEPȚIE

Pentru cunoașterea modului de funcționare a radiotelefoanelor este necesar să fie reamintite principiile de construcție a elementelor componente.

4.1. Emițătorul

4.1.1. Amplificatorul de joasă frecvență

Nivelul mic (2 — 3 mV) al semnalului emis de microfonul dinamic, este ridicat la valoarea necesară modulatorului prin intermediul amplificatorului de joasă frecvență pentru emisie, numit și amplificator de modulație.

Amplificatorul cuprinde și un etaj de limitare a amplitudinii, care are rolul să prevină deviația exagerată de frecvență, provocată de vîrfurile unor frecvențe locale.

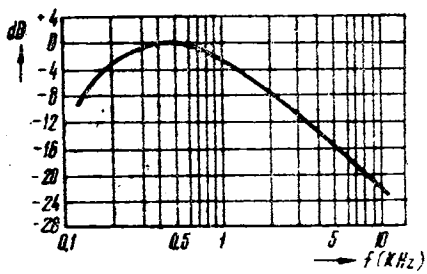
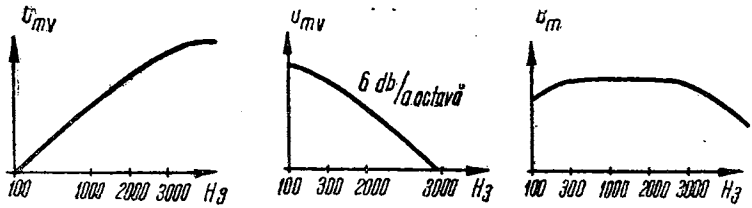


Fig. 4.1 Curba de distribuție a nivelului acustic în funcție de frecvență pentru vocea masculină.

Cum la ieşirea dintr-un microfon nivelul frecvenţelor înalte este mai mic decît nivelul frecvenţelor joase, (fig. 4.1), pentru a se păstra dinamica naturală a semnalului transmis şi a se realiza limitarea la toate frecvenţele, semnalul vocal suferă mai întîi o ridicare a nivelului frecvenţelor înalte (preaccentuare sau diferenţiere), cu 6 dB/octavă* şi apoi este limitat.

În unele aparate (cu modulator de fază), după limitator urmează un etaj de atenuare a frecvenţelor înalte (dezaccentuarea sau integrarea).

Acesta redă forma iniţială a semnalului emis de microfon (fig. 4.2,*a*,*b*,*c*) şi furnizează o tensiune invers proporţională cu frecvenţa, necesară modulaţiei de fază.



a b c

Fig. 4.2 Caracteristica de audiofrecvenţă :
a — accentuarea ; b — dezaccentuarea ; c — caracteristica rezultantă.

Preaccentuarea semnalului transmis de emiţător se realizează la asemenea aparate, în procesul de modulare (CQM 39).

La *RT* cu modulaţie directă semnalul de joasă frecvenţă preaccentuat îşi păstrează forma în tot lanţul emiţătorului şi abia la receptor, în amplificatorul de joasă frecvenţă are loc dezaccentuarea cu 6 dB/octavă.

Acest mod de lucru este justificat şi de faptul că undele purtătoare, modulate în frecvenţă cu semnalele vocale utile, suferă şi o modulaţie de amplitudine şi frecvenţă parazită.

Dacă modulaţia parazită de amplitudine este eliminată prin limitatorul de amplitudine din receptor, modulaţia parazită de frecvenţă rămîne şi dă naştere unor zgomote care sînt cu atît mai puternice cu cît raportul semnal/zgomot este mai mic.

Aceasta se datoreşte faptului că amplitudinea frecvenţelor vocale înalte, emise de microfon, este mai mică, iar la ieşirea discri-

* Octava este grupul de opt sunete, în care raportul frecvenţelor dintre primul şi ultimul sunet este 2/1 (Do de sus cu 512 Hz şi Do mediu cu 256 Hz).

minatorului semnalele perturbatoare cu frecvențe înalte (F mare), produc tensiuni de zgomote mari, coborînd raportul semnal/zgomot.

Prin ridicarea nivelului frecvențelor înalte în emițător se mărește raportul semnal/zgomot. De asemenea, prin coborîrea nivelului frecvențelor înalte în receptor se reduc în aceeași măsură și zgomotele din zona frecvențelor înalte, fără ca semnalul util să fie afectat, deoarece acesta revine la dinamica normală.

Accentuarea și dezaccentuarea îmbunătățește raportul semnal/zgomot la recepție, de cîteva ori.

Pentru o bună compensare, caracteristica circuitului de dezaccentuare trebuie să compenseze perfect caracteristica de accentuare din emițător.

4.1.2. **Modulatorul**

Așa cum se știe, tensiunea unui semnal sinusoidal, într-un anumit moment (valoarea instantanee) se caracterizează printr-o relație matematică de forma : $u = U \sin\alpha = U \sin\omega t$ în care : U este valoarea maximă pe care o poate avea tensiunea, de exemplu, într-o spiră, care se învîrte într-un cîmp magnetic constant, parcurgînd o rotație completă de 360° (2π radiani), iar α este unghiul ce îl face spira cu planul orizontal de tensiune zero într-un anumit moment (fig. 4.3).

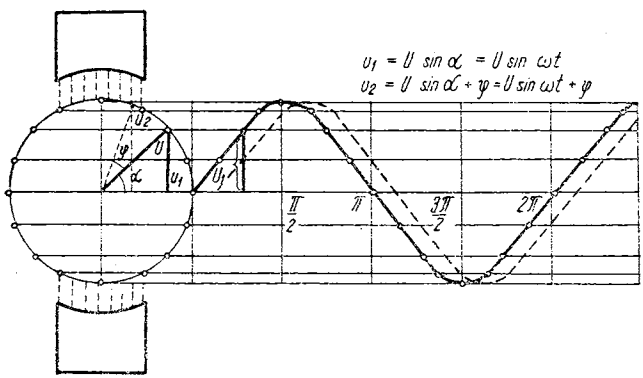


Fig. 4.3 Reprezentarea grafică a unui semnal alternativ.

Cum pentru mișcarea de rotație nu se folosește unghiul ci viteza unghiulară ω aceasta se definește prin relația :

$$\omega = \frac{\text{unghiul de rotație}}{\text{timp}} = \frac{\alpha}{t} \text{ rad/S iar } \alpha = \omega t.$$

Fiindcă într-o secundă se pot realiza n rotații, iar numărul de rotații (perioade), pe secundă, este frecvența f a curentului alternativ, viteza unghiulară este : $\omega = 2\pi f$.

Simultan tensiunea indusă într-o altă spiră, plasată la un unghi φ față de prima spiră este dată de relația :

$u = U \sin (\omega t + \varphi)$, devenită și relație generală.

În această relație φ este numit unghiul de defazaj între cele două tensiuni (diferență de fază sau unghiul de fază) iar mărimea $\omega t + \varphi$ se numește fază și arată starea oscilației la un anumit moment. Se notează cu Φ.

Se observă că un semnal electric este caracterizat prin trei parametri importanți : U (amplitudinea), f (frecvența), și Φ (faza). Schimbarea unuia dintre parametri schimbă forma semnalului.

Modularea reprezintă tocmai procesul de variere a unuia dintre parametrii unui semnal sinusoidal de înaltă frecvență *IF*, care se poate propaga la mare distanță (frecvența purtătoare), prin intermediul unui semnal de joasă frecvență (semnal modulator), care trebuie transmis la mare distanță. Semnalul căruia i s-a schimbat astfel unul dintre parametri se numește modulat, iar procesul de schimbare a acestuia se numește modulație. Ea poate fi : de amplitudine *MA*, de frecvență *MF* sau de fază *MP* (fig. 4.4).

Modulația de amplitudine se utilizează în sistemele de curenți purtători, radiodifuziune, televiziune (canalul vidio), și unele comunicații maritime, aeronautice sau terestre.

Este mai puțin folosită în radiotelefonia civilă, deoarece necesită emițătoare de mare putere (neeconomice) astfel încît semnalele emise să aibă nivelul mult mai mare, decît al zgomotelor și altor perturbații, care modulează semnalele emise tot în amplitudine, făcînd recepția neinteligibilă, cînd acest nivel este mic.

Cum sistemul de lucru *MA* cu o singură bandă laterală *BLU* permite realizarea unui mare număr de canale cu banda îngustă de cca. 3—5 kHz, se crede că în viitor va avea mare extindere.

Modulația de fază sau de frecvență, cunoscută și sub numele de modulație unghiulară oferă avantajul eliminării perturbațiilor *MA* prin procedeul de limitare, astfel încît se pot realiza comunicații la mare distanță, fără perturbații cu emițătoare de mică putere, în zone cu mari perturbații industriale.

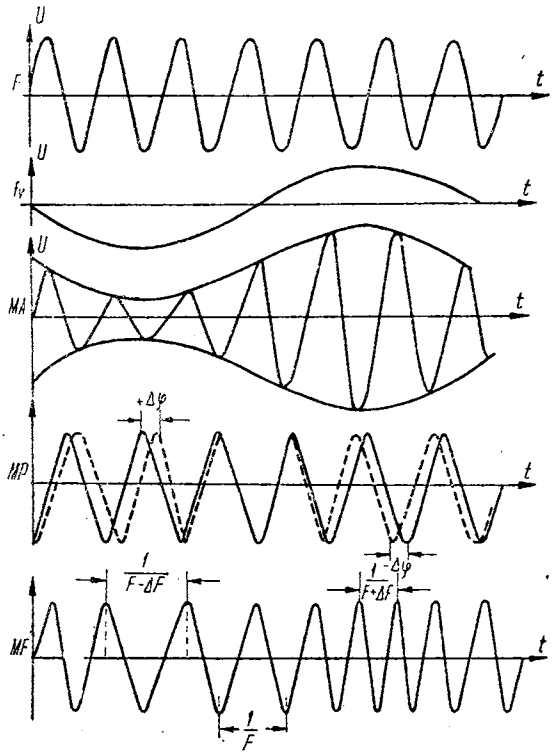


Fig. 4.4 Graficul modulării de amplitudine *MA*, de fază *MP* şi de frecvenţă *MF*.

La modulaţii de fază *MP*, semnalul vocal modulator determină variaţia instantanee $\Delta\Phi$ a fazei semnalului *IF* faţă de faza de repaus Φ, cînd nu există semnalul modulator.

La fel, în cazul modulaţiei de frecvenţă *MF*, semnalul vocal modulator determină variaţia frecvenţei instantanee a semnalului *IF*. Variaţia ΔF în plus sau minus, faţă de frecvenţa de repaus F este numită deviaţie de frecvenţă şi este direct proporţională cu amplitudinea semnalului modulator.

Sensul variaţiei de frecvenţă ΔF depinde de sensul polarităţii tensiunii modulatorului, fapt pentru care se trage concluzia că, *numărul de variaţii pe secundă a frecvenţei înalte IF, faţă de frecvenţa de repaus, este egal cu frecvenţa semnalului modulator.*

Știindu-se că frecvența unui semnal reprezintă viteza de variație în timp a fazei semnalului, între *MF* și *MP* există relația:

$$\Delta\omega = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

Atunci cînd frecvența este mare, unghiul de fază variază mai repede, astfel încît într-o perioadă să execute întreaga rotație de 360° sau 2π radiani.

Din acest motiv uneori modulația de frecvență este considerată modulație de fază, fără ca acestea să fie echivalente.

Pentru că este posibil ca modulația de fază să se transforme în modulație de frecvență, în multe radiotelefoane (RTP—MF—S, USE—600), *MF* se obține indirect prin *MP*.

Acest sistem de lucru are avantajul că frecvența oscilatorului din emițător este foarte stabilă datorită cristalului de cuarț cu frecvența fixă, neinfluențat de modulator. Schimbarea fazei semnalului *IF* se execută într-un etaj separat, fără a afecta stabilitatea oscilatorului.

Odată cu apariția diodelor cu capacitate variabilă Varicap (Varactor), care se introduc direct în circuitul *LC* al oscilatorului și se comandă prin semnalul modulator, modulația directă a frecvenței *IF* a căpătat o mare răspîndire în radiotelefonie (VXW 100).

Dioda Varactor se introduce în circuitul *LC* al oscilatorului și se menține în stare de blocare permanentă printr-o polarizare de curent continuu realizată printr-un rezistor cu valoare mare, care menține capacitatea de barieră *Cb* inițială. În prezența semnalului de modulație care se aplică în serie cu varactorul, capacitatea *Cb* variază în funcție de semnalul de modulație, provocîndu-se variația frecvenței oscilatorului și deci modulația *MF*.

Spre a se obține o variație liniară a frecvenței oscilatorului se utilizează diode varactor cu joncțiuni hiperabrupte.

Pentru a se evita distorsiunile, tensiunea de polarizare a diodelor, *Eo* este mult mai mare decît tensiunea semnalului de modulație *Um*. Deviația de frecvență mică de la ieșirea modulatorului crește la mărimea prescrisă datorită multiplicării în etajele următoare.

În figura 4.5 se prezintă modulatorul din radiotelefonul VXW 100.

Raportul dintre deviația de frecvență ΔF și frecvența de modulație f se numește indice de modulație β.

Spre deosebire de *MA* în care banda de înaltă frecvenţă ocupată de o emisiune radio este $B = 2f$, la *MF* $B > 2\ \Delta F$. Numărul de componente şi amplitudinile lor depinde de β. Acestea se calculează cu funcţiile Bessel.

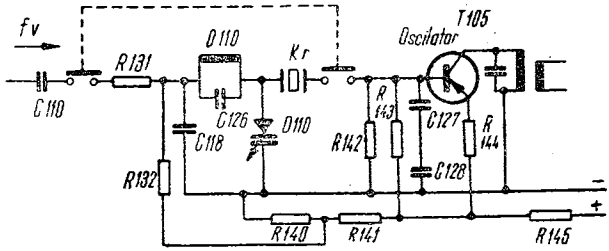


Fig. 4.5 Modulatorul şi oscilatorul VXW 100 (D 110 — dioda varicap)

Cînd $\beta \approx 0{,}4$ semnalul *MF* are aproximativ o pereche de componente laterale, cu amplitudine importantă, restul avînd amplitudine mică.

În radiotelefonie se lucrează cu indicele $\beta = 0{,}5$.

Există radiotelefoane în care modulaţia se efectuează cu deviaţie mare asupra unui oscilator de frecvenţă intermediară (10,7 MHz, la RTP I.E.M.I.). Transpunerea acestei frecvenţe în banda alocată pentru antenă, se efectuează prin intermediul unui schimbător de frecvenţă echilibrat (modulator inelar), la intrarea căruia se introduce semnalul *Fi* modulat în frecvenţă şi semnalul *Fc* al unui oscilator de canal stabilizat cu cuarţ (eventual şi multiplicat). La ieşire se extrag frecvenţele antenei modulate cu frecvenţa *f*.

Modulatorul echilibrat permite eliminarea componentelor de modulaţie nedorite, separînd frecvenţa *Fc* de benzile $Fc \pm Fi$. Montajul oferă o mare stabilitate a semnalului de antenă chiar în cazul cînd oscilatorul *Fi* nu ar fi stabilizat cu cuarţ.

Considerînd că frecvenţa *Fc* a unui oscilator poate avea o variaţie nedorită *dFc* (abatere sau alunecare de frecvenţă dato-

Stabilitatea semnalului *(F)* din antenă va fi :

$$S = \pm \frac{dFc}{Fc}\ \%.$$

Stabilitatea semnalului *(F)* din antenă va fi :

$$\frac{dF}{F} = \frac{dFc \pm dFi}{Fc \pm Fi}$$

Stabilitatea semnalului din antenă este cu atît mai mare cu cît $Fc > Fi$.

De regulă Fc este de cîteva ori mai mare decît Fi.

La RTP 4 MFS pentru banda de 146 MHz, frecvența Fc este cuprinsă între 67—68 MHz, iar la ieșirea modulatorului se extrage $F = 2Fc + Fi$.

4.1.3. Oscilatorul

Reducerea mărimii intervalului dintre canale impune condiții tot mai severe oscilatoarelor din radiotelefoane.

Acestea trebuie să prezinte o stabilitate înaltă, timp de intrare în regim cît mai scurt, gabarit și consum redus.

Stabilitatea frecvenței S este un parametru principal reprezentînd alunecarea maximă dF a frecvenței oscilatorului față de frecvența sa nominală F : $S = \pm\frac{dF}{F}$ %.

Instabilitatea frecvenței are mai multe cauze :

— *vibrațiile mecanice,* care provoacă mișcarea elementelor circuitelor oscilante determinînd variații de frecvență. Se elimină montînd echipamentele pe amortizoare ;

— *variația temperaturii,* care influențează inductanțele și capacitățile circuitelor electronice cît și regimul de funcționare al tranzistoarelor, dînd naștere unei alunecări de frecvență, numită și derivă termică a frecvenței. Se atenuează prin termostabilizare ;

— *variația tensiunii de alimentare,* care influențează regimul de lucru al tranzistoarelor dînd naștere unei alunecări a frecvenței numită deplasare electronică a frecvenței. Se elimină utilizînd alimentatoare stabilizate ;

— *cuplaje parazite magnetice sau electrice,* care influențează frecvența prin cîmpurile ce se pot induce în circuitele oscilante. Se elimină prin ecranare ;

— *variația rezistenței de sarcină* care provoacă variația impedanței circuitelor oscilante și o tîrîre a frecvenței. Se elimină introducînd un etaj intermediar (separator) între oscilator și rezistența de sarcină (modulator).

Deoarece oscilatoarele cu circuite LC asigură o stabilitate maximă de ordinul 10^{-4}, oscilatoarele din radiotelefoane, care necesită o stabilitate de ordinul 10^{-6} la 10^{-7} se stabilizează cu cristale de cuarț.

Oscilatoarele cu cristal se numesc prescurtat *CO* (crystal oscilator, în limba engleză).

Se obține o stabilitate ridicată de ordinul $1 \cdot 10^{-12}$ menținînd cristalul de cuarț la temperatură ridicată, într-un termostat. Metoda prezintă dezavantajul că provoacă îmbătrînirea cristalului mai repede, iar intrarea în regim normal durează și cîteva zeci de ore.

Stabilitatea de ordinul a 10^{-6} sau 10^{-7}, suficientă pentru radiotelefonie se realizează prin termocompensarea oscilatorului, printr-o metodă electronică, înseriind cu cristalul o reactanță dependentă de temperatură (diodă varicap, capacitatea colector-bază a tranzistoarelor), care provoacă o variație a frecvenței inversă acelora provocată de temperatură.

Metoda permite intrarea rapidă a oscilatorului în regim normal și eliminarea îmbătrînirii suplimentare a cristalelor, care se mențin la temperatura mediului ambiant.

Mai trebuie ținut seama și de faptul că oscilatoarele cu cristal de cuarț au o variație de frecvență de ordinul a $3 \cdot 10^{-10}$ pe lună datorită îmbătrînirii naturale. Aceasta crește atunci cînd tensiunea de excitație a cristalului este mare. Din acest motiv nu este indicată creșterea puterii de disipație pe cristalele de cuarț din radiotelefoane.

Cum cristalele pentru frecvențe înalte sînt foarte subțiri și fragile, datorită rezonanței mecanice se fisurează și se distrug la nivele mari de excitații, fapt pentru care nu este indicată acordarea circuitelor oscilatoarelor pentru tensiuni sau puteri maxime de ieșire, cît și depășirea puterii din circuitul cristalului (de exemplu 1 mW la CQP 500).

Se evită efectele de mai sus alegînd frecvența cristalului de cuarț puțin diferită de a canalului de lucru (VXW 100).

Ținînd seama de aceste considerente, oscilatoarele din radiotelefoane sînt construite pe baza unor scheme derivate din montajele capacitive, în trei puncte (Colpitts, Clapp etc.). Acestea au stabilitate mare, deoarece prin conectarea a două capacități relativ mari în circuitul oscilatorului se atenuează deriva termică datorită variației capacității interne ale tranzistorului.

Stabilitatea se îmbunătățește în unele RT (VXW 100), conectînd în serie cu cristalul de cuarț și inductanța o capacitate, (montaj Clapp), astfel încît circuitul *LC* serie are o impedanță mică la rezonanță și mare la stabilitate (fig. 4.5).

Elementele *LC* variabile din circuitul oscilatoarelor cu cuarț permit modificarea valorii frecvenței în limite mici de ordinul a 1—2 kHz.

După o schemă derivînd din montajul Colpitts este construit oscilatorul de emisie din radiotelefoanele CQM 600, RTM, RTP I E M I (fig. 4.6).

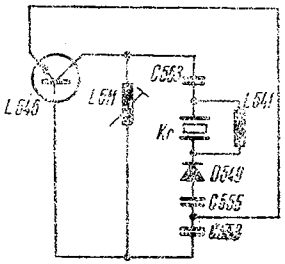


Fig. 4.6 Oscilatorul Colpitts din RTP IEMI.

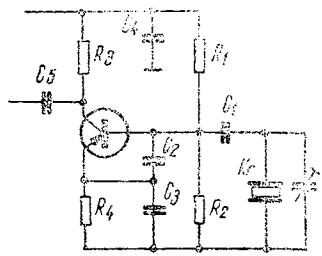


Fig. 4.7 Oscilatorul Pierce-Colpitts din CQP 500.

În USE 600 se utilizează un oscilator construit după o schemă Hartley capacitiv iar în CQP 500 un oscilator Colpitts — Pierce (fig. 4.7).

Ca exemplu arătăm că radiotelefoanele CQL 600 au o stabilitate de cca. $\pm 0{,}1 \times 10^{-6}$ pentru tensiunea de 24 V $\pm$ 5% și $\pm 5 \times 10^{-6}$ între limitele de temperatură —30°C și +28°C.

La unele *RT*, stabilitatea se indică în valori ale variației de frecvențe admisibilă în antenă. (De exemplu : 500 Hz la UFS 601.)

Există montaje care permit obținerea unor frecvențe variabile între limite destul de largi (cca. 100 kHz), folosind oscilatoare cu cristal cu frecvență variabilă de tipul VXO și mai multe etaje de multiplicare. Variația frecvenței de 1—1,5 % se obține prin intermediul unei inductanțe variabile introduse în serie cu cristalul oscilatorului. Un oscilator cu cuarț oscilează între limitele mici dintre frecvența de rezonanță serie *Fs* și frecvența de rezonanță paralel *Fp* a cuarțului. Prin înserierea inductanței scade frecvența de rezonanță serie, mărindu-se intervalul *Fs...Fp*, între care lucrează oscilatorul.

Îndepărtarea de frecvența de rezonanță a cristalului provoacă variații în amplitudinea semnalului și reducerea stabilității. În cazul stațiilor receptoare cu acord continuu metoda este eficace.

4.1.4. Etaje de multiplicare

Pentru ridicarea frecvenței relativ joase a oscilatoarelor de emisie, în banda frecvențelor alocate se utilizează diferite etaje multiplicatoare.

Există mai multe dispozitive care permit multiplicarea frecvenței, cum ar fi : generatoare feromagnetice de armonici, diode, amplificatoare funcționînd în clasa C etc.

Dacă la intrarea unui asemenea dispozitiv se aplică un semnal sinusoidal $u = U \sin \omega t$, la ieșire apare un semnal alcătuit dintr-o serie de componente, dintre care se poate extrage frecvența dorită, cu ajutorul unui circuit.

Valori mari ale factorului de multiplicare n se realizează conectînd în cascadă mai multe etaje de multiplicare cu factorii n_1, $n_2 \ldots n_k$.

Factorul de multiplicare total n_t este egal cu produsul factorilor parțiali de multiplicare : $n_t = n_1, n_2 \ldots n_k$.

În alte cazuri se poate realiza adunarea factorilor de multiplicare, dacă se folosește un etaj de amestec (mixer) : $n_t = n_1 + n_2$. În figura 4.8 sînt ilustrate ambele procedee.

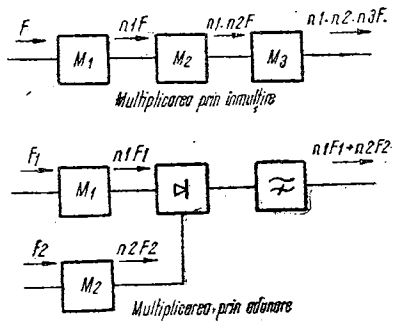


Fig. 4.8 Multiplicarea frecvențelor.

În practică se folosesc multiplicatoare electronice, construite din amplificatoare neliniare clasa C, cu tuburi electronice sau tranzistoare, ale căror puncte de funcționare se stabilesc astfel încît să fie în stare de conducție și să amplifice numai alternanțele pozitive sau negative. În lipsa semnalelor de intrare, amplificatoarele sînt blocate. Amplificatoarele au cîte un circuit oscilant de intrare, acordat pe frecvența fundamentală și un circuit oscilant de ieșire, acordat pe armonica dorită.

Curentul de la ieșire apare sub forma unor pulsuri — vîrfuri de sinusoidă — cu un spectru bogat de armonici (fig. 4.9). Cu cît pulsul este mai îngust cu atît este mai bogat în armonici. Alegînd

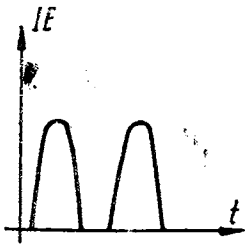


Fig. 4.9 Pulsurile de curent la un amplificator-multiplicator.

un anumit unghi de deschidere al circuitului de ieșire se pot obține, după necesități, anumite armonici cu valoare maximă. Unghiul de deschidere este determinat de mărimea semnalului aplicat la intrare și de mărimea tensiunii de negativare pentru tuburi electronice sau de tensiunea de polarizare a tranzistoarelor. Aceste considerente trebuiesc avute în vedere la depanarea etajelor multiplicatoare.

Deoarece extragerea componentelor de ordin superior este dificilă, necesitînd filtre cu mare selectivitate, iar puterea armonicilor de ordin superior se micșorează, factorul de multiplicare maxim, pe etaj este $n = 3$ și numai rareori, poate fi $n = 4$ (VXW 100). Între P_n puterea armonicei n și puterea frecvenței fundamentale P există relația $P_n = \frac{1}{n} P$.

În radiotelefoane se utilizează dubloare ($2\,Fo$) și triploare ($3\,Fo$).

Factorul total de multiplicare n_t este 12 în majoritatea radiotelefoanelor. Se utilizează și factorul $n_t = 8$ (în VXW 100) sau chiar $n_t = 24$ (RTM 4 MFS).

Prin prezența sa, multiplicatorul elimină cuplajele parazite ce ar apărea între oscilatorul și amplificatorul de putere al emițătorului. Odată cu multiplicarea frecvenței oscilatorului de emisie Fo se multiplică și deviația de frecvență, ΔFo.

Ca efect, deviația de frecvență din antenă devine : $\Delta F = n_t \cdot \Delta Fo$.

4.1.5. **Emițătorul de putere**

Acest etaj are sarcina să asigure puterea de radiofrecvență necesară în circuitul de antenă. Din acest motiv lucrează în clasa C sau B cu curenți și tensiuni mari.

Tranzistoarele acestui etaj sînt de construcție deosebită pentru a asigura amplificarea necesară la frecvențele ridicate, din banda de lucru alocată. Astfel tranzistorul 2 N 3632 din UFS 601, USE, RTM, asigură o putere utilă de 10 W în antenă.

Din lipsa unui tranzistor final care să asigure puterea utilă la ieșire de cca. 1 W în aparatul VXW 100 s-au introdus două trazistoare KT9 conectate în derivație.

Datorită montajului cu două tranzistoare și un filtru simplu (care să evite pierderea puterii utile), etajul final VXW 100 este distrus cînd antena este în scurtcircuit sau în gol.

Spre a se evita asemenea deficiențe radiotelefonul UFT 422, cu puterea utilă de emisie 0,4 W utilizează un tranzistor final 2 N 2218 A pentru puterea disipată de 1 W.

Eliminarea radiațiilor parazite se asigură prin filtre de antenă puternice (exemplu modulele BE 17 și BE 18 din UFT), care în cazul unui scurtcircuit în antenă asigură și protecția etajului final.

4.1.6. **Dispozitivul automat de protecție a etajului final**

Se asigură protecția tranzistorului din etajul final, împotriva supratensiunilor și curenților periculoși ce apar prin diferite montaje cu relee mecanice sau electronice.

Astfel în VXW 100 se utilizează un microcontact plasat sub bucșa antenei exterioare și care permite electroalimentarea radiotelefonului numai atunci cînd antena este înșurubată în mufa sa. Radiotelefonul CQP 500 este dotat cu un dispozitiv electronic pentru controlul automat al excitației etajului final (ADC — Automatic Drive Control). Acesta protejează etajul final împotriva suprasarcinilor provocate de neadaptare sau treceri în emisie fără antenă (fig. 4.10).

Pentru aceasta în circuitul colectorului tranzistorul final (PA 512) se află o rezistență *R*4, cu valoarea de 2,7 ohmi. Căderea de tensiune la bornele acestei rezistențe servește pentru a comanda tranzistorul *T*1 (JP 531), care este montat în serie cu tranzistorul *T*1, din etajul de triplare FT 511. Atunci cînd crește curentul tranzistorului final, pe rezistența *R*4 apare o cădere de tensiune cu polaritatea plus la emitor și minus la baza tranzistorului *T*1 din

JP 531. Acesta tinde să se blocheze, mărindu-i-se rezistența internă. Ca efect, tensiunea de alimentare a tranzistorului din etajul de triplare va scădea, iar acesta își reduce amplificarea, micșorînd nivelul semnalului de atac al etajului final și neutralizînd astfel, efectul creșterii curentului prin colector.

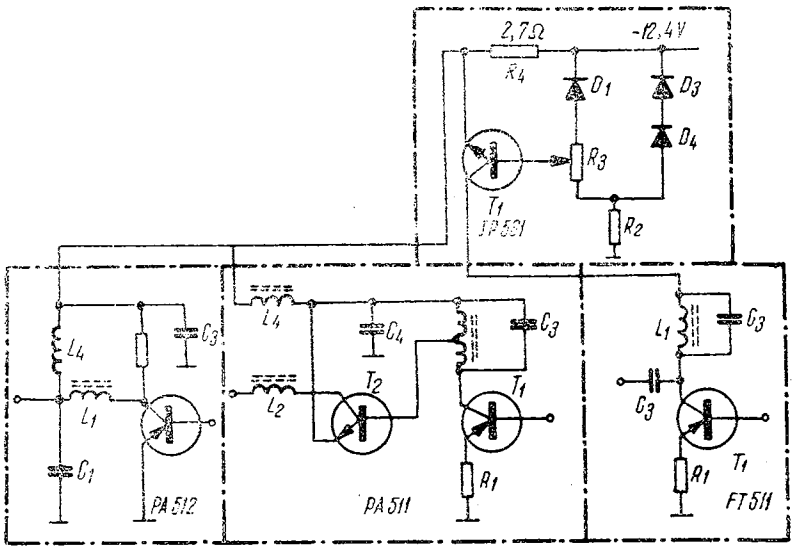


Fig. 4.10 Dispozitivul *ADC* din CQP 500.

Diodele cu siliciu *D3* și *D4* lucrează ca stabilizatoare, menținînd tensiunea constantă la bornele tranzistorului.

Cu ajutorul potențiometrului *R3* din dispozitivul *ADC* se stabilește curentul de bază al tranzistorului *T1*, din JP 531 pentru a se menține constantă puterea la ieșire de 500 mW.

O construcție asemănătoare are etajul *ADC* din radiotelefonul mobil CQM 600 și se poate aplica și la alte RT.

Acesta este prevăzut cu un tranzistor (*T3*) care este înseriat cu tranzistorul *T6* din preamplificatorul etajului final (fig. 4.11).

Emitorul tranzistorului *T3* din *ADC* este alimentat printr-un grup de rezistențe (*R* 12 — *R* 3 — *R* 13) în comun cu emitorul tranzistorului final *T2*. În cazul cînd curentul atinge valori nepermise în tranzistorul final, căderea de tensiune pe rezistențele *R* 12 — *R* 3 — *R* 13 se aplică cu polaritatea plus la emitorul tranzistoru-

lui ADC și se reduce tensiunea bază-emitor. Ca efect crește rezistența internă și se reduce tensiunea de alimentare a tranzistorului preamplificator, (*T6* din 1 *PA*) micșorîndu-se astfel amplitudinea semnalului care ajunge la baza tranzistorului final.

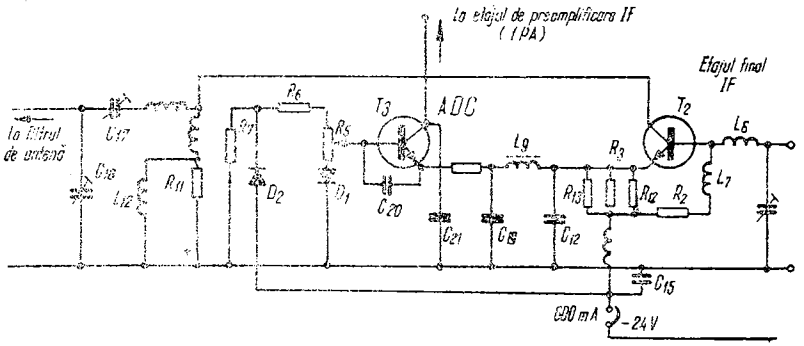


Fig. 4.11 Dispozitivul *ADC* din CQM 600.

4.2. Receptorul

4.2.1. Amplificatorul de radiofrecvență

Pentru a se obține selectivitate și amplificare mare, receptorul radiotelefoanelor se construiește pe baza schemei clasice de superheterodină, cu una sau două schimbări de frecvență. Primul element de intrare în receptor este amplificatorul de radiofrecvență, care împreună cu amplificatorul de frecvență intermediară are și rolul de a ridica nivelul semnalelor *MF* recepționate, la mărimea necesară etajului limitator, în scopul eliminării semnalelor perturbatoare modulate în amplitudine.

Mărirea nivelului semnalelor *MF* numai în etajele de frecvență intermediară este periculoasă deoarece acestea ar deveni instabile.

Amplificatorul de radiofrecvență îmbunătățește raportul semnal-zgomot, mărind sensibilitatea cît și selectivitatea receptorului, față de semnalele imagine cît și față de semnalele a căror frecvență este egală cu cea intermediară.

Cu aceeași frecvență *Fo* a oscilatorului se obține frecvența intermediară *Fi* pentru două semnale *Fs 1* și *Fs 2*: $Fi = Fo - Fs\ 1$ sau $Fi = Fs\ 2 - Fo$.

De exemplu cînd *Fs* 1 este semnalul util, *Fs* 2 reprezintă semnalul perturbator imagine (CQP 500).

Pentru a se asigura comunicații de înaltă calitate circuitele acestui etaj au menirea să asigure o atenuare de 80 ... 90 dB pentru semnalul imagine.

În plus, fiindcă etajul este acordat pe o frecvență distanțată cu 10,7 MHz, față de frecvența oscilatorului local, din receptor se reduce radiația acestuia prin antenă.

Fiindcă etajul nu trebuie să introducă distorsiuni liniare, are o caracteristică de frecvență cu o formă plată pentru toate frecvențele canalelor ce se recepționează.

Din acest motiv etajele de radiofrecvență nu acționează asupra canalelor vecine, situate la intervale de 25 kHz, unul de altul.

Pentru a putea amplifica semnale foarte mici de ordinul microvolților, cu un coeficient de zgomot mic, se utilizează mai ales tranzistoare speciale, cu zgomot redus, în montaj *BC*.

Frecvența limitată *F* pentru montajul *BC* sau *Fβ* pentru montajul *EC* trebuie să fie de două-trei ori mai mare decît *Fmax* a canalelor.

Tensiunea de străpungere a joncțiunii emitor-bază *Ueb max*, la aceste tranzistoare trebuie să fie cît mai mare, pentru a nu se defecta în timpul recepționării unor semnale puternice.

Cum în acest etaj pot pătrunde semnalele canalelor unor radiotelefoane apropiate, provocînd fenomenul de intermodulație, tranzistoarele trebuie să lucreze pe porțiunea liniară a caracteristicei, cu distorsiuni neliniare minime.

În majoritatea amplificatoarelor *RF*, primul tranzistor este conectat în montajul *BC*, care oferă amplificarea constantă la frecvențe înalte, deoarece odată cu creșterea frecvenței crește și importanța capacității interne dintre colector și emitor, prin care se realizează o reacție pozitivă, crescînd amplificarea (VXW 100).

Amplificatoarele (UFS 601) realizate după o schemă asemănătoare cu tipul „cascodă" de la tuburi electronice, au primul tranzistor în montajul *EC*, iar al doilea în montaj *BC* și asigură o impedanță de intrare mare și zgomot redus. Amplificarea este puțin mai mare decît a unui tranzistor în montaj clasic, dar este stabilă.

4.2.2. **Schimbătorul de frecvență**

Deoarece extragerea frecvențelor tonale din banda de frecvență înaltă se face prin metoda dublei schimbări de frecvență, în majoritatea radiotelefoanelor se găsesc două schimbătoare de frecvență.

Schimbătorul de frecvență este compus dintr-un etaj de amestec, în care are loc procesul de amestec al semnalelor recepționate, cu oscilații de mare amplitudine ale oscilatorului local, și din circuite oscilante prin care se extrage frecvența intermediară.

În radiotelefonie se folosește mai ales schimbătorul cu oscilator separat, cunoscut și sub numele de etaj de amestec sau mixer, deoarece oferă mare stabilitate. Mai puțin utilizat este schimbătorul care lucrează și ca oscilator (UFT) și este cunoscut ca schimbător de frecvență autooscilator.

De obicei prima schimbare de frecvență realizează transpunerea frecvenței semnalului din antenă în prima frecvență intermediară de 10,7 MHz, iar a doua schimbare transpune această frecvență într-o bandă de frecvență medie 450—470 kHz, din care se extrag frecvențele vocale, printr-un discriminator.

S-a ales frecvența de 10,7 MHz, ținînd seamă de considerentul că, dacă aceasta este mai înaltă și frecvența imagine perturbatoare va fi situată la distanță mai mare de frecvența semnalului și deci, va fi eliminată cu ajutorul filtrelor etajului amplificator de înaltă frecvență.

Cum filtrele simple acordate pe 10,7 MHz permit trecerea cu ușurință a semnalelor din canalele adiacente, situate la 25 kHz de frecvența canalului respectiv, pentru o bună selectivitate este necesară și a doua schimbare de frecvență.

În banda celei de a doua frecvențe intermediare (450—470 kHz), este ușor de realizat o bandă de trecere mai mică decît 25 kHz eventual utilizîndu-se filtre mecanice.

Schimbătorul de frecvență dintr-un radiotelefon trebuie să asigure conversiunea frecvențelor, în condițiile unei mari amplificări a semnalului de frecvență intermediară, cu distorsiuni mici și zgomote reduse.

De asemenea, trebuie să evite radiația parazită a frecvențelor oscilatorului local, cît și instabilitatea frecvențelor oscilatorului, datorită influenței semnalului recepționat din antenă. Tensiunea oscilației locale trebuie să fie sinusoidală, lipsită de armonici care dau interferențe.

Etajul schimbător de frecvențe este în general o sursă puternică de zgomote deoarece la bornele sale se găsesc :

— zgomotele culese din etajul de preamplificare ;

— zgomotele interne, proprii ale tranzistorului și care se modulează cu semnalele utile ;

— zgomotele circuitului de ieșire.

În virtutea principiului său de funcţionare schimbătorul transferă în frecvenţă intermediară *Fi*, toate aceste zgomote.

Se atenuează acest defect realizînd impedanţa de ieşire mică pentru frecvenţa intermediară şi pentru zgomote. De asemeni se foloseşte soluţia unui singur schimbător şi filtre cu cuarţ în etajul *Fi*, ca în cazul aparatului CQP. Spre a se evita influenţa semnalului recepţionat, asupra oscilatorului local se utilizează schimbătoare cu oscilatoare separate evitîndu-se pe cît posibil schimbătoarele autooscilatoare.

Fiind un element neliniar schimbătorul de frecvenţă produce distorsiuni de intermodulaţie care apar atunci cînd la intrarea sa ajung semnale nedorite, cu amplitudine mare faţă de amplitudinea semnalului util. Ca efect cînd semnalul util lipseşte sau este slab, în receptor apar semnalele perturbatoare, puternic distorsionate.

4.2.3. Amplificatorul de frecvenţă intermediară şi limitatorul de amplitudine

Spre deosebire de amplificatoarele de înaltă frecvenţă care realizează o amplificare mică, amplificatoarele de frecvenţă intermediară *Fi* I şi *Fi* II asigură întreaga amplificare necesară semnalului *MF*, pentru ca limitatorul de amplitudine să funcţioneze normal şi să taie modulaţia *MA* parazită provocată de perturbaţii.

Un rol deosebit îi revine amplificatorului *Fi* care prin selectivitatea sa ridicată trebuie să elimine perturbaţiile frecvenţelor canalelor adiacente.

Amplificatoarele *Fi* trebuie să asigure o amplificare şi selectivitate cît mai mare cu distorsiuni minime, în condiţii de maximă stabilitate.

Aceste performanţe se obţin cu ajutorul filtrelor cu cristale de cuarţ montate în etajele *Fi* I şi filtre magnetoelectrice montate în etajele *Fi* II (UFS/601) sau numai cu filtre de cuarţ montate în etajele *Fi* I (CQP 500).

Există radiotelefoane în care întreaga selectivitate din etajele *Fi* II se obţine cu ajutorul unui filtru cu selectivitate concentrată (filtru multiplu tip Cebîşev), format din mai multe circuite oscilante, cuplate între ele, şi conectate direct la ieşirea schimbătorului de frecvenţă. Restul etajelor de amplificare *Fi* (II) sînt echipate cu circuite selective singulare sau chiar fără circuite selective (VXW 100, UFT 422).

Selectivitatea acestor filtre se determină aproximativ înmulțind numărul circuitelor acordate cu 6—8,5 dB, în funcție de calitatea circuitelor *LC*.

Modulația parazită de amplitudine *MA* pe care o suferă semnalul util datorită perturbațiilor cît și în timpul trecerii prin diferite etaje ale receptorului și chiar emițătorului se elimină prin intermediul limitatorului de amplitudine *LA*, care are rolul să asigure semnalului un nivel constant la ieșire, indiferent de ce nivel are la intrare (fig. 4.12).

De obicei *LA* este un amplificator special cu circuite selective pentru *FI-MF*, plasat înaintea discriminatorului.

Atunci cînd la intrarea sa se aplică un semnal cu amplitudine mare tranzistorul etajului intră în regim de saturație, astfel încît semnalul de la ieșire își menține amplitudinea constantă.

Tensiunea prag de limitare este cu atît mai mică cu cît tensiunea colectorului este mai mică.

Semnalul de limitat trebuie să aibă amplitudinea suficient de mare astfel încît limitarea să aibă loc și la valorile minime ale modulației *MA* parazitară.

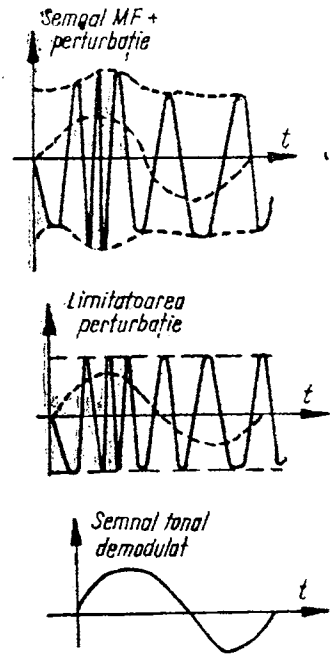


Fig. 4.12 Eliminarea perturbațiilor prin limitare.

Limitarea se realizează și cu diode montate în opoziție în circuitele amplificatoarelor *Fi* II.

La semnalele cu amplitudine mare scade rezistența diodelor și se mărește amortizarea circuitelor electrice (UFS 601).

Deoarece odată cu *MA* parazită are loc și o modulație de frecvență parazită, aceasta nu poate fi eliminată. Efectul său este nesesizabil în cazul cînd deviația de frecvență a semnalului util este mare, iar indicele de modulație al semnalului perturbator este mic față de indicile de modulație a semnalului util.

În lipsa semnalului util (lipsa frecvenței purtătoare modulate sau nemodulate) în receptor apar semnalele parazite sub forma unui zgomot (fîșîit) supărător.

La aceste semnale cu amplitudine mică *LA* este ineficace.

4.2.4. Discriminatorul

Detecția este o operație inversă modulației și constă în extragerea semnalelor de frecvență vocală din oscilațiile de înaltă frecvență modulate.

Detecția de amplitudine utilizată în radiodifuziune mai ales, se realizează cu dispozitive care prezintă o conductibilitate nesimetrică, avînd o rezistență mare într-un sens și mică în sens opus (semiconductoare, tuburi electronice).

Unda modulată în amplitudine împreună cu frecvența purtătoare, la trecerea prin detector își pierde forma simetrică. După detector se obține un curent alternativ cu un spectru bogat de componente de înaltă frecvență, joasă frecvență și curent continuu. Frecvența audio se extrage dintre acestea prin filtre *RC*.

Deoarece semnalele modulate în frecvență au amplitudinea constantă, detecția se face transformîndu-le întîi în semnale modulate în amplitudine, și numai după aceea detectîndu-le, după metoda *MA*.

Pentru transformarea *MF-MA* se folosesc detectoare de frecvență sau discriminatoare, construite după diferite scheme. Cum amplitudinea semnalelor *MF* trebuie să fie constantă, înaintea discriminatorului semnalele sînt limitate în amplitudine.

Discriminatorul de frecvență cu circuit oscilant dezacordat (Detectorul de pantă).

Cel mai simplu discriminator este un circuit oscilant acordat decalat față de frecvența semnalului, astfel încît frecvența medie a semnalului modulat în frecvență, să coincidă cu un punct de pe mijlocul uneia din pantele curbei de rezonanță a circuitului (punctul *B* din figura 4.13).

Discriminatorul se realizează conectînd la bornele unui amplificator un circuit oscilant derivație, acordat pe o frecvență *Fr* puțin diferită de frecvența medie *F* a semnalului *MF*.

Deoarece frecvența semnalului modulat variază cu valoarea ΔF, între limitele $F\,max$ $(F + \Delta F)$ și $F\,min$ $(F - \Delta F)$, atunci cînd semnalul are valoarea $F\,max$ se apropie de frecvența *Fr*, de rezonanță, a circuitului oscilant, fapt pentru care tensiunea de la bornele circuitului e maximă, iar cînd semnalul modulat are $F\,min$, îndepărtîndu-se de *Fr* și tensiunea semnalului este redusă.

Variațiile de frecvență a semnalului *MF* se transformă în variație de amplitudine a tensiunii semnalului cules la bornele circuitului.

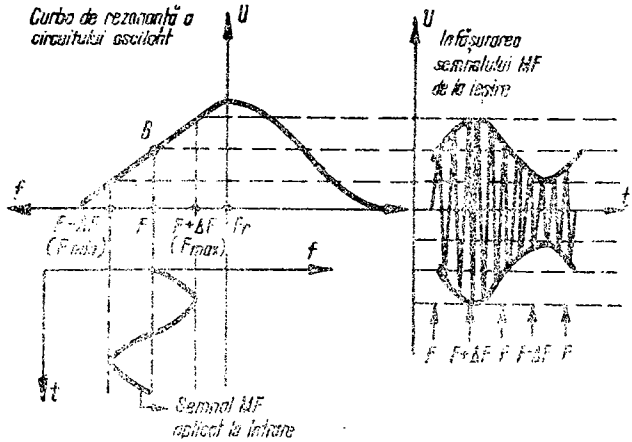


Fig. 4.13 Transformarea *MF* → *MA* cu circuitul oscilant dezacordat.

La ieșirea circuitului se obține astfel semnalul de înaltă frecvență *MF* aplicat la intrare, dar cu amplitudinea variabilă, (modulat în amplitudine). Înfășurarea acestui semnal are forma semnalului audio, utilizat la modulator.

Detecția semnalelor modulate în amplitudine se face apoi prin detectoare clasice folosite în *MA*.

Acest detector nu este folosit deoarece circuitul oscilant de sarcină al amplificatorului lucrează dezacordat, iar amplificarea etajului este mică. De asemenea porțiunea din caracteristica de frecvență a circuitului nu este suficient de liniară, avînd distorsiuni mari.

Din două circuite similar dezacordate față de frecvența medie *F* a semnalului *MF* cu elementele de detecție respective se obține discriminatorul de amplitudine.

În radiotelefonie se utilizează mai ales discriminatorul de fază (Foster-Seely).

4.2.5. Atenuatorul de zgomot

Cum zgomotul produs de modulația parazită, în lipsa semnalului util deranjează, se utilizează un releu electronic, numit atenuator de zgomot sau „Squelch" care blochează amplificatorul de joasă frecvență în prezența zgomotului.

Acest releu funcționează pe baza faptului că semnalele perturbatoare au componente cu frecvențe mai ridicate care produc la ieșirea discriminatorului tensiuni relativ mari. Prin filtre speciale se selectează semnalele de zgomot cu frecvențele mai ridicate (5 kHz la RTP IEMI, 6 kHz la VXW 100, 12 kHz la CQP 500 etc.). Acestea se amplifică și redresează, iar cu ajutorul tensiunilor obținute se blochează etajul final audio.

4.2.6. Amplificatorul de joasă frecvență

Fiindcă semnalul vocal obținut la ieșirea discriminatorului are nivel mic, este trecut printr-un preamplificator (amplificator cu semnal mic) și un amplificator final de putere care alimentează difuzorul. Cele două elemente de amplificare formează blocul amplificatorului de joasă frecvență.

Din punct de vedere al distorsiunilor preamplificatorul poate avea doar distorsiuni de frecvență, deoarece prin funcționarea sa liniară se exclud distorsiunile de neliniaritate.

Din contră, etajul final prezintă distorsiuni neliniare care trebuie menținute în limita parametrilor normali. De mare importanță este randamentul etajului care trebuie să fie maxim cu un consum de curent din baterii minim.

Amplificatoarele de semnal mic din radiotelefoane sînt de tipul *RC*. Etajele finale sînt construite de obicei după diferite scheme, în contratimp clasa *B*, mai ales fără transformatoare de ieșire, folosindu-se ieșirea prin condensator.

Montajele sînt de tipul cvasicomplementare, cu ambele tranzistoare de același tip (RTM, VXW 100) sau complementare în care tranzistoarele sînt de tip diferit (UFT 422, RTP — IEMI, CQP 500, CQM 600).

În ultimul montaj un tranzistor din etaj este de tipul *npn*, iar altul de tipul *pnp*. Ambele tranzistoare au caracteristici identice, lucrînd cu aceiași curenți de emitor, bază și colector, provocați de aceleași tensiuni aplicabile la joncțiuni.

Fiindcă în etajul final sînt necesare mari amplificări de curent, la mai multe aparate tranzistoarele de putere sînt excitate

de alte două tranzistoare cu care sînt cuplate direct formîndu-se dublete. Cuplajul direct numit și „Conexiune Darlington" oferă avantajul unei amplificări și puteri mari, cu tranzistoare de putere mică, conectate două cîte două, realizîndu-se tranzistoare compuse (dublete), echivalente din punct de vedere electric cu un singur tranzistor de putere mare. Prin această conexiune se elimină condensatoarele de cuplaj cît și rezistențele de polarizare care dau naștere unor pierderi de putere în montajele simple.

4.3. Convertorul de tensiune

Convertoarele asigură tensiunile de alimentare necesare tranzistoarelor din emițător și receptor folosind ca sursă de bază acumulatoare sau redresoare cu una din tensiunile de 6 V, 12 V sau 24 V.

În plus convertoarele permit să se separe din punct de vedere galvanic, circuitele electrice ale radiotelefonului, de sursa de alimentare primară, astfel încît acumulatorul poate avea la masă indiferent ce pol (minus sau plus), fără a ține seama de polul conectat la masă în radiotelefon.

Convertorul se compune dintr-un invertor realizat cu două tranzistoare și un redresor electronic cu stabilizator.

Invertorul este dispozitivul care, prin intermediul unui oscilator sau comutator electronic întrerupe și restabilește, periodic, curentul continuu debitat de sursa de electroalimentare.

Tensiunea variabilă astfel obținută, se ridică la valoarea necesară printr-un transformator și apoi se redresează filtrează și stabilizează, obținîndu-se tensiunea continuă necesară tranzistoarelor.

În funcție de modul de excitație al tranzistoarelor sînt convertoare cu autooscilație (oscilatoare) sau cu excitație independentă (amplificatoare).

De asemenea pot fi convertoare cu un singur tranzistor sau două tranzistoare, în contratimp.

În funcție de natura procesului de transfer a energiei, de la sursă la sarcină, se deosebesc convertoare cu limitare a curentului prin tranzistor și convertoare cu limitare a curentului prin miezul transformatorului *(LM)*.

Fiindcă convertorul cu limitare prin miez prezintă avantajul unei impedanțe de ieșire mici acesta are o largă răspîndire.

Este utilizat și în RTM MF-S (fig. 4.14 *a* și *b*).

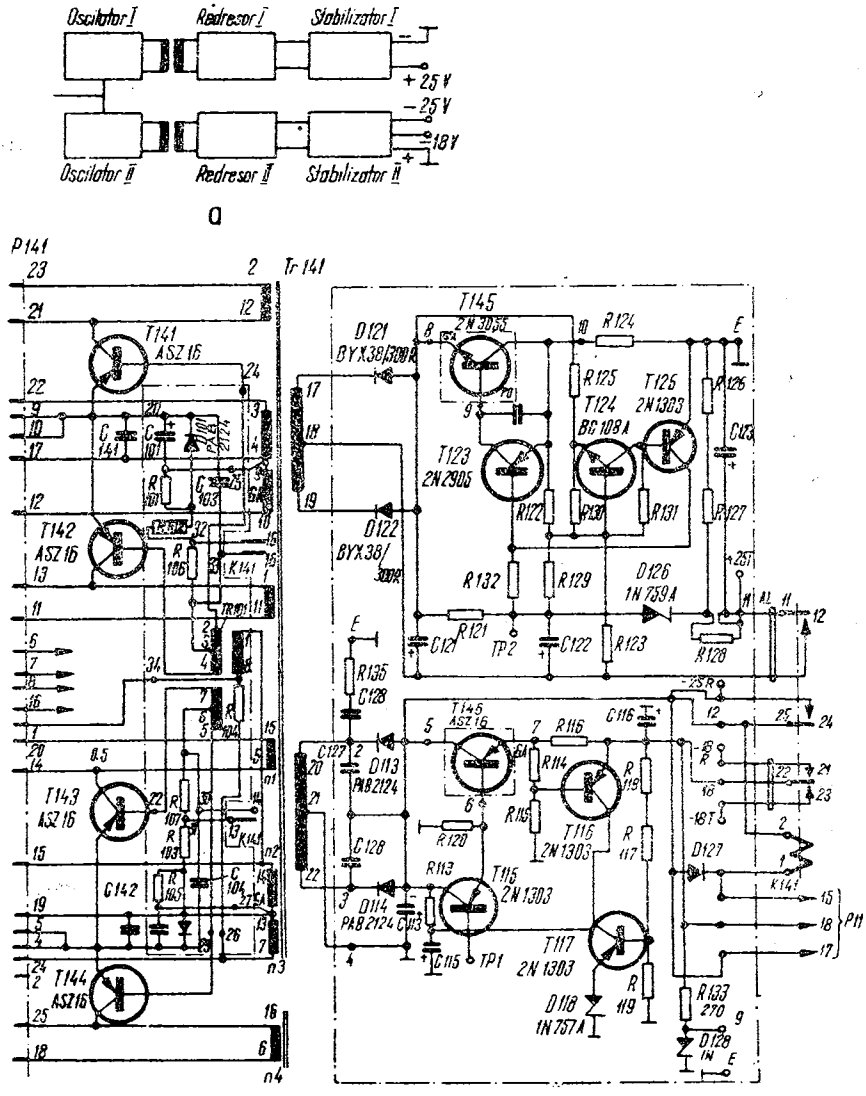


Fig. 4.14 Convertorul de tensiune RTM MF S :
a — schema bloc ; **b** — schema electrică .

Schematic acest convertor se compune din două elemente formate din cîte un oscilator *LM*, un redresor și un stabilizator de tensiune.

La ieșirea primului redresor se obține tensiunea de 30 V cu polaritatea minus la masă, iar la al doilea redresor, tensiunea de 25 V cu polaritatea plus la masă.

Tensiunea cu polaritatea de +30 V se aplică la un stabilizator care livrează tensiunea +25 V necesară alimentării etajului final din emițător.

Tensiunea de —25 V redresată servește pentru alimentarea etajului de joasă frecvență recepție, cît și pentru alimentarea stabilizatorului prin care se obține tensiunea de —18 V necesară etajelor de mică putere ale emițătorului și receptorului.

Analizînd un singur oscilator se observă că în circuitul colectoarelor *T* 143 și *T* 144 se află patru înfășurări *n*1 ... *n*4 ale transformatorului *Tr* 141 prin combinarea cărora, în serie și paralel, se alimentează oscilatorul cu una din tensiunile de 6 V, 12 V sau 24 V.

Conectarea înfășurărilor în funcție de tensiunea acumulatoarelor se face prin schimbarea punților din regleta capului de cablu prin care se conectează radiotelefonul cu sursa de alimentare și cutia de comandă. Astfel pentru 6 V se conectează în paralel înfășurarea *n*1 cu *n*2 și *n*3 cu *n*4 iar înfășurarea primară *Tr* 101 se conectează direct la capetele înfășurărilor *n*2, *n*3.

Bazele tranzistoarelor sînt polarizate prin rezistențele *R* 103, *R* 105, *R* 107.

Se observă că în cazul emisiei, cînd se solicită un curent mai mare, contactul 13—14 *K* 141 șuntează rezistența *R* 107 de 220 ohmi.

Semnalul alternativ obținut este dreptunghiular, cu frecvența de lucru între 1 000 și 1 500 Hz.

Prin intermediul celor două înfășurări secundare ale transformatorului *Tr* 141 se culege tensiunea alternativă de 32 și 25 V. Astfel tensiunea de +32 V, culeasă din înfășurarea 17—18—19 se redresează cu diodele *D* 121 și *D* 122 la ieșirea cărora se obține tensiunea de 28 ... 30 V.

Stabilizatorul are tranzistorul *T* 145 ca element serie de stabilizare comandat prin circuitul de colector al tranzistorului *T* 123. Tensiunea de referință necesară tranzistorului *T* 123 se obține cu ajutorul diodei Zener *D* 126 și rezistenței *R* 127, prin schimbarea căreia (33 ... 68 ohmi) se poate regla tensiunea de ieșire la +25 V.

Tranzistorul *T* 124 servește pentru a compensa unele variații ale sarcinii iar tranzistorul *T* 125 pentru a proteja stabilizatorul împotriva distrugerii în caz de scurtcircuit.

Al doilea stabilizator lucrează după cum urmează :

Tensiunea alternativă de 25 V, se redresează prin diodele *D* 113 și *D* 114. Elementul de stabilizare se află pe circuitul de —25 V obținut după redresare, deoarece polaritatea +25 V este conectată direct la masă. Tranzistorul *T* 146 ca element de stabilizare este comandat de tranzistorul *T* 115. Tensiunea de referință se menține constantă prin dioda *D* 118. Prin rezistența *R* 118 se reglează tensiunea de ieșire de 18 V. Variațiile de tensiune la ieșire sînt sesizate de tranzistorul *T* 117. Curenții mari de scurtcircuit sînt preîntîmpinați de tranzistorul *T* 116.

Alimentarea circuitelor radiotelefonului se face prin intermediul releului *K* 141 comandat din cutia de comandă odată cu releul de antenă *K* 356. Releul *K* 141 se atrage la emisie.

Prin contactele releului *K* 141, alimentatorul furnizează tensiunea —18 VT și +25 VT pentru emisie și —18 VR și —25 VR pentru recepție (din care —25 VR este tensiunea nestabilizată). Alimentatorul este prevăzut cu ploturile 15 (prin care se comandă funcționarea releului *K* 141) și 18 (prin care se transmite tensiunea —18 V la cutia de comandă). Prin plotul 17 se transmite tensiunea —25 V.

Comanda circuitului de alimentare se face prin întrerupătorul existent în cutia de comandă. Aceasta se introduce pe firul de plus sau minus după necesitate.

5. UNITATEA DE COMANDĂ

Datorită dimensiunilor destul de mari ale radiotelefoanelor fixe și mobile din primele generații, acestea nu încăpeau pe masa de lucru sau pe bordul vehiculelor, motiv pentru care s-au construit din două unități : unitatea de emisie-recepție numită și blocul electronic, ce se fixează pe un perete sau poliță și unitatea de comandă numită și cutia de comandă ce se plasează lîngă radiotelefonist.

În unitatea de comandă se găsesc elementele și dispozitivele de comutare reglaj și semnalizare.

Legătura între cele două unități se realizează printr-un cablu multifilar (25 fire la RTM).

Sub această formă sînt construite radiotelefoanele RTF-MF-S, RTM-MF-S, USE-600 spre deosebire de alte aparate executate sub formă compactă (UFS-601).

Pentru exemplificare se va prezenta unitatea de comandă RTM.

5.1. Unitatea de comandă RTM-MF-S

Obișnuit, în cutia de comandă se află comutatorul de canale, potențiometrul de volum și comanda atenuatorului de zgomot Squelch, claviatura utilizată pentru apelul selectiv, lămpile de semnalizare și elementele de apel, generatorul de ton, amplificatorul și receptorul de apel. De asemenea poate exista și un dispozitiv de supraveghere a două canale.

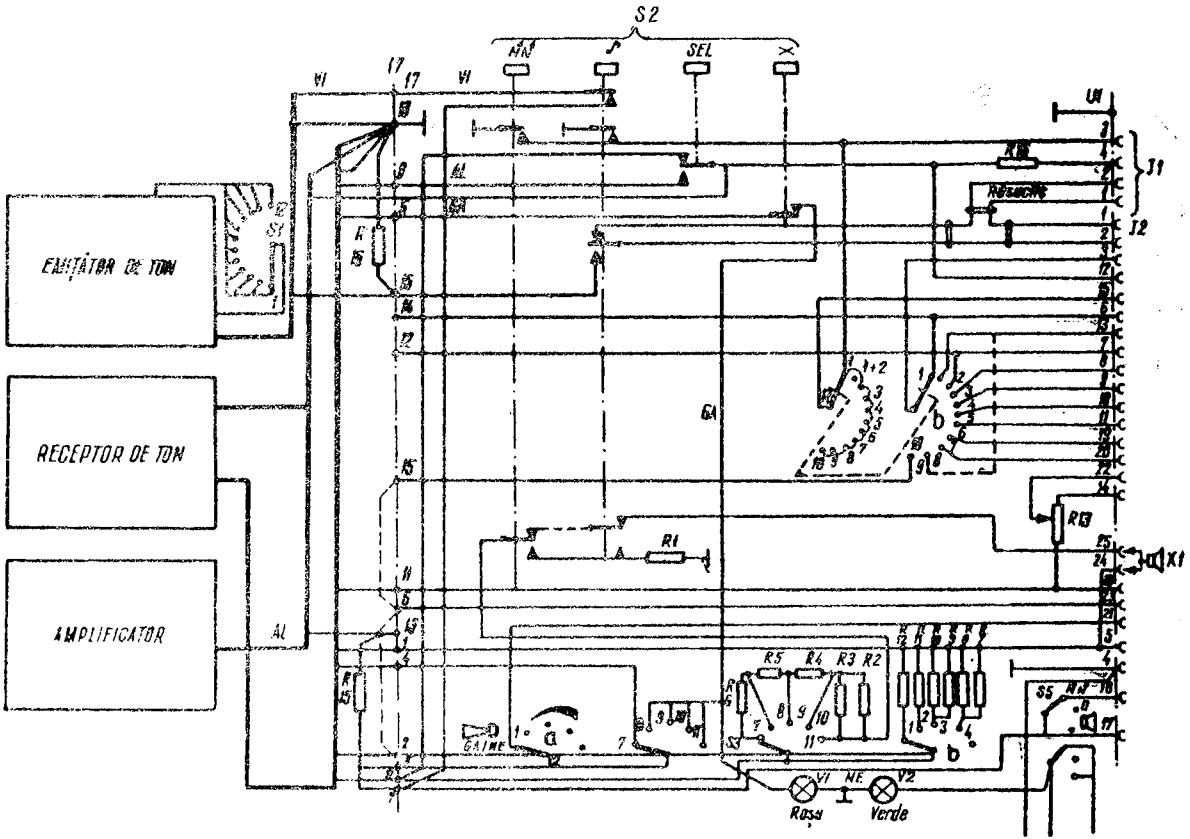


Fig. 5.1 Schema cutiei de comandă RTM MF S.

Microfonul cu preamplificator este conectat la cutia de comandă printr-un cordon flexibil cu mufe speciale.

În figura 5.1 se prezintă schema electrică a cutiei de comandă. Cablul multifilar de legătură se introduce prin ştifturi la bornele cutiei de comandă şi printr-o mufă cu contacte, la unitatea de emisie-recepţie. În mufa cap de cablu regleta de alimentare şi regleta de comandă. Regleta circuitelor de comandă are 25 de ploturi, care servesc pentru stabilirea următoarelor circuite :

Difuzorul de 2 W se conectează la ploturile 24—25 deoarece semnalele de joasă frecvenţă trec de la amplificatorul de audiofrecvenţă prin condensatorul *C* 743 de 1 000 μF la plotul 12 *(RT)*, cablul de conexiuni, circuitul clapei *Se1* (care atunci cînd este apăsată permite ca radiotelefonul să fie chemat prin apel selectiv, deoarece semnalul tonal recepţionat este condus la receptorul de apel selectiv), rezistenţele *R*6—*R*2 ale comutatorului de volum (în serie), contactele în repaus ale clapei de admisie ($\wedge\nearrow$ $\wedge\nearrow$) şi clapei de emisie apel selectiv δ, plotul *25* difuzor, plotul *24* prelungit la plotul *5* din unitatea de emisie-recepţie conectat la masă.

În paralel cu difuzorul se conectează şi rezistenţele de la *R*7 ... *R*12 prin secţiunea *b* a comutatorului de volum.

De remarcat ca atunci cînd se apasă pe clapa de emisie convorbire sau emisie apel selectiv, ieşirea amplificatorului de audiofrecvenţă este conectată la masă prin rezistenţa *R* 1 de 15 ohmi.

Potenţiometrul de squelch (*R* 13) este conectat între ploturile 22—14 şi 18 (la care se aplică şi tensiunea de —18 V).

Comanda funcţionării oscilatorului de emisie şi recepţie se realizează transmiţînd polaritatea masei prin contactele *1 ... 10* ale secţiunii *b* din comutatorul de canale *S*4.

Masa se aduce din unitatea de emisie-recepţie prin plotul *3* comun cu plotul *4* din regleta *P* 11 şi se transmite prin contactele comutatorului la următoarele ploturi de la cutia de comandă :

Canalul 1 la plotul 6 ; canalul 1 + 2 la plotul 13 ; canalul 2 la plotul 7 ; canalul 3 la plotul 8 ; canalul 4 la plotul 9 ; canalul 5 la plotul 10 ; canalul 6 la plotul 11 ; canalul 7 la plotul 19 ; canalul 8 la plotul 20 ; canalul 9 la plotul 13 (cînd nu se foloseşte 1 — 2) ; canalul 10 la plotul 23.

Din schemă se observă că pentru folosirea canalului 9 este necesar să se mute cablul de la contactul 1 + 2 al comutatorului, la canalul 9.

Comutarea radiotelefonului de pe recepţie pe emisie se face prin releele *K* 141 (pentru alimentare) şi *K* 356 (pentru antenă) care sînt alimentate direct cu tensiunea de —25 V (de la stabiliza-

tor) și care primesc +25 V polaritatea masei prin plotul 15 al cutiei de comandă (corespunzător cu plotul 15 din convertorul de cc/cc), contactele scurtcircuitate ale secțiunii *a* din comutatorul de canale *S*4, plotul 3 din regleta *J* 1 a mufei microfonului (tot în cutia de comandă), cordonul microfonului, contactul de recepție-emisie al microfonului și masă prin plotul masă din regleta *J* 1.

Masa se transmite pe același circuit și în cazul cînd se apasă clapele de emisie ⩘⩗⩘⩗ și apel selectiv δ.

La ploturile 1 și 2 din regleta *J* 1 sosește semnalul amplificat din preamplificatorul aflat în carcasa microfonului.

Acest semnal este transmis la intrarea amplificatorului de modulație prin ploturile 1 și 2 din regleta *J* 2 și contactul de comutare al clapei apel selectiv care, atunci cînd este făcut, permite a se transmite spre amplificatorul de modulație un semnal tonal.

De remarcat că amplificatorul de microfon se alimentează cu tensiunea din amplificatorul de modulație, prin același circuit pe care există semnalul de convorbire (fig. 5.2).

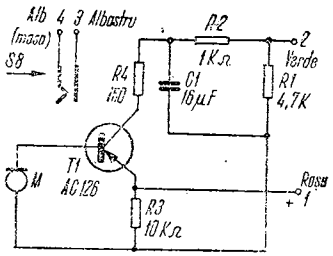


Fig. 5.2 Schema microfonului cu preamplificator din RTM.

La plotul 18 sosește tensiunea —18 V iar la plotul 17 sosește tensiunea —25 V, pentru alimentarea echipamentului de apel selectiv.

Pentru comutarea circuitului de alimentare, în cutia de comandă există întrerupătorul *S*5.

Echipamentele RTM, RTF tip IEMI pot fi echipate cu apel selectiv, care lucrează pe baza unui cod alfanumeric format dintr-o literă *(A—L)* și un număr 0—11, realizat pe bază de frecvențe tonale.

Fiecărui RTM i se repartizează litera și numărul de cod prin care poate fi chemat și de asemenea i se stabilesc radiotelefoanele pe care le poate chema.

În acest scop cutia de comandă este dotată cu un generator pe ton compus din două oscilatoare : unul pentru litere și altul pentru numere (fig. 5.3).

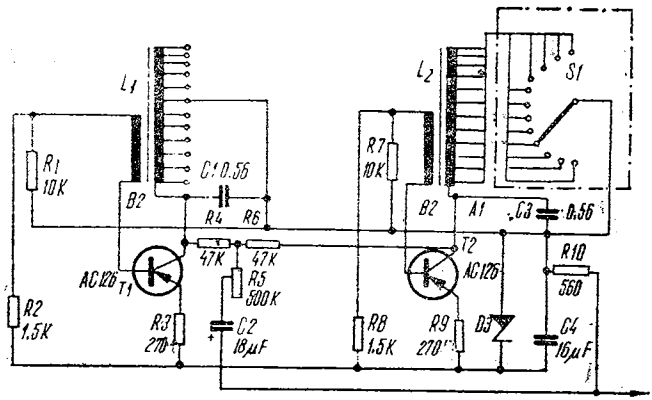


Fig. 5.3 Generatorul de ton pentru apel selectiv din RTM

Deoarece fiecare oscilator poate emite 12 frecvențe, prin schimbarea a 12 prize la bobina circuitului oscilant, ambele oscilatoare pot genera 120 combinații : literele *A*—*L* cu frecvențele 596—917 Hz și numere 0—11 cu frecvențele 1 000—2 580 Hz.

Aceste 120 combinații pot fi emise numai de cutia de comandă RTF, întrucît cutia de comandă RTM este dotată cu un comutator *S*1 cu 12 poziții, prin care se pot emite doar 12 combinații : o literă și 12 numere.

De exemplu dacă un RTM are repartizată litera *A* va putea chema numai aparatele cu indicativele *A* o — *A* 11.

Semnalul alternativ corespunzător combinației selectate se culege prin *R* 5 și *C* 2 și se aplică la intrarea amplificatorului de microfon (fig. 5.1) pe circuitul modulatorului.

La recepție combinația celor două frecvențe primită de la ieșirea amplificatorului de joasă frecvență este amplificată și limitată în amplitudine cu tranzistorul *T*2 al etajului preamplificator (*T*1 lucrează ca stabilizator).

Ca efect, la ieșirea etajului combinația de frecvențe are amplitudine constantă (fig. 5.4).

Eventualele frecvențe armonice sînt atenuate prin circuitul *L*1—*C*3.

Întrucît la intrarea receptorului de ton (fig. 5.5) se află două circuite acordate pe o anume combinație, în prezența ei tranzistoa-

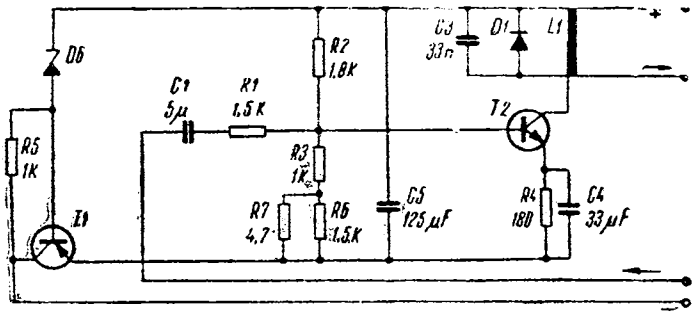


Fig. 5.4 Preamplificatorul receptorului de ton.

rele $T3$ și $T4$ (circuitul SI) se deschid. Căderea de tensiune de pe $R9$ cu polaritatea pozitivă deschide și pe $T5$ cît și pe tiristorul $T8$.

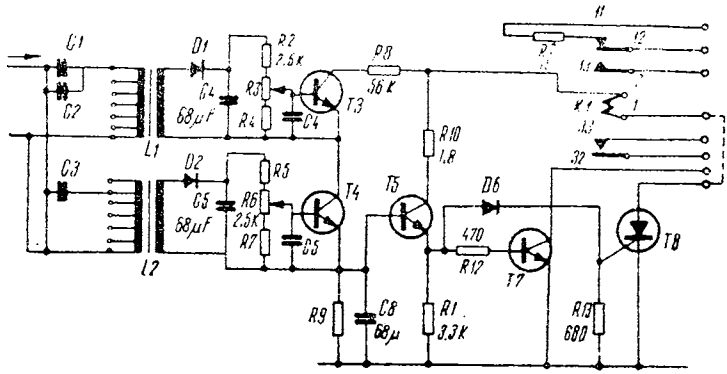


Fig. 5.5 Receptorul de ton.

Releul $K1$ din circuitul tiristorului se atrage, iar contactele 11—12 se desfac deconectînd pe $R7$ de la ieșirea amplificatorului vocal și corectînd difuzorul prin contactele 12—13.

Cînd se lucrează ca apel selectic clapa *SEL* este apăsată.

În repaus difuzorul este deconectat de la ieșirea amplificatorului, fapt pentru care în difuzor nu se aud convorbirile care se poartă pe frecvența respectivă.

Atunci cînd clapa *SEL* nu este apăsată difuzorul este conectat normal la receptorul RT.

5.2. Unitatea de comandă RTF (comanda locală)

Cutia de comandă a aparatelor RTF este mai complexă. Cu ajutorul ei se pot transmite mai multe comenzi decît la RTM.

De exemplu în cazul RTF-MF-S aceasta permite selecţia şi transmiterea celor 120 indicative de apel, pe care sînt acordate RT din reţea.

Pe lîngă celelalte elemente prezentate la RTM, cutia de comandă RTF conţine şi un preamplificator de microfon deoarece microfonul este montat tot în cutie.

Cutiile de comandă RTF sînt echipate cu schimbătorul automat de canale, prin care se supraveghează două canale şi se blo-

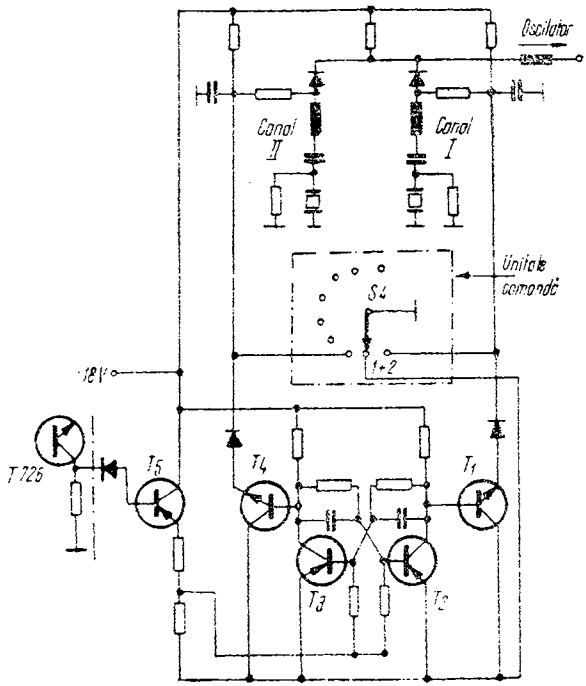


Fig. 5.6 Schimbătorul automat de canale (1 + 2).

chează receptorul pe canalul în care apare frecvența purtătoare a unui partener (fig. 5.6).

Schimbătorul este realizat dintr-un circuit multivibrator astabil realizat cu tranzistoarele *T2* și *T3*, a căror baze sînt polarizate din circuitul emitorului tranzistorului de comandă *T5*. Tranzistoarele *T1* și *T4* sînt alimentate din circuitul oscilatoarelor canalelor 1 și 2. Cînd pe canalele *RT* nu apare frecvența purtătoare, multivibratorul basculează, polarizînd, pe rînd, tranzistoarele *T1* și *T4* care pun alternativ la masă circuitele oscilatoarelor de la canalele 1 și 2. Tranzistorul *T5* are baza polarizată cu minus prin dioda D1 din circuitul tranzistorului *T* 726 (atenuatorul de zgomot).

Cînd apare purtătoare pe un canal, *T* 726 se blochează, iar polarizarea bazei *T5* se anulează. Fiindcă *T5* iese din conducție, multivibratorul rămîne blocat pe poziția canalului pe care a apărut frecvența purtătoare și a blocat atenuatorul de zgomot.

După ce se termină recepția pe canalul respectiv, schimbătorul de canale continuă testarea alternativă a celor două canale.

Pentru semnalizarea acustică și optică a prezenței frecvenței purtătoare în receptorul unui radiotelefon în vederea atenționării operatorului se folosește un sesizor de purtătoare sau releu squelch (fig. 5.7).

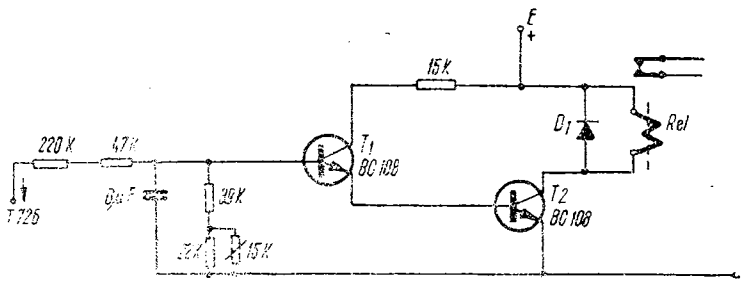


Fig. 5.7 Sesizorul de purtătoare.

Acesta se compune dintr-o conexiune Darlington realizată cu *T1* și *T2* și un releu *(Rel.)* situat în colectorul *T2*.

Circuitul de intrare la *T1* este conectat la emitorul *T726* din atenuatorul de zgomot al *RT*. Cînd apare frecvența purtătoare pe canalul *RT* și dispare zgomotul (*T726* se blochează), iar polaritatea pozitivă de la emitorul *T* 726 se aplică pe baza *T1* deschizîndu-l.

Drept consecință se atrage releul *(Rel.)* de semnalizare.

În cazul retranslațiilor simplex acest dispozitiv pune în emisie radiotelefonul intermediar.

5.3. Unitatea de comandă pentru RTF (cu comandă la distanță)

În situația cînd unitatea de emisie-recepție a *RT* se află montată la distanță de locul de muncă al operatorului, se utilizează instalația de comandă de la distanță.

Aceasta este compusă din cutia de comandă specială, instalată la capătul unui circuit telefonic (rezistența în buclă de 1 800 ohmi) și un panou terminal de linii conectat la celălalt capăt lîngă unitatea E/R.

Cu această instalație se poate selecta unul din maxim două canale, manual sau prin intermediul schimbătorului automat de canale, se reglează volumul (în trepte) și se comandă funcționarea *RT* ca receptor sau emițător.

Tot în această cutie de comandă se află și un amplificator de microfon suplimentar, pentru mărirea semnalului transmis pe linie și un amplificator de recepție pentru difuzor.

Toate comenzile se execută în curent continuu transmis prin circuitul telefonic, fapt pentru care instalația nu se poate utiliza în zone influențate de liniile de transport a energiei electrice cu tensiuni mari, deoarece circuitele telefonice respective sînt secționate prin transformatoare.

În asemenea situație trecerea în lucru a emițătorului se poate executa prin dispozitivul (unitatea), de comandă prin voce a emițătorului *(DCV)*.

În figura 5.8 se prezintă schema dispozitivului care dă rezultate bune atunci cînd atenuarea semnalului pe circuitul telefonic nu depășește 1 Neper.

Modul de utilizare a dispozitivului într-o rețea telefonică este prezentat în figura 2.11.

Semnalul primelor silabe a transmisiunii efectuată prin microfonul telefonului *A* ajunge la telefonul *B* și intră în amplificatorul realizat cu tranzistoarele *T1* și *T2*, din *DCV*, iar după redresare prin *D1* deschide tranzistorul *T3*. Ca efect releul *Rel 1* comută linia telefonică de la bornele difuzorului RT la intrarea amplificatorului de microfon a *RT*. În acest mod informația este transmisă în eter.

Cînd răspunde partenerul, releul *Rel* 1 cade deoarece o parte din semnalul de la difuzor este condus la tranzistorul *T4* după redresare prin *D2*.

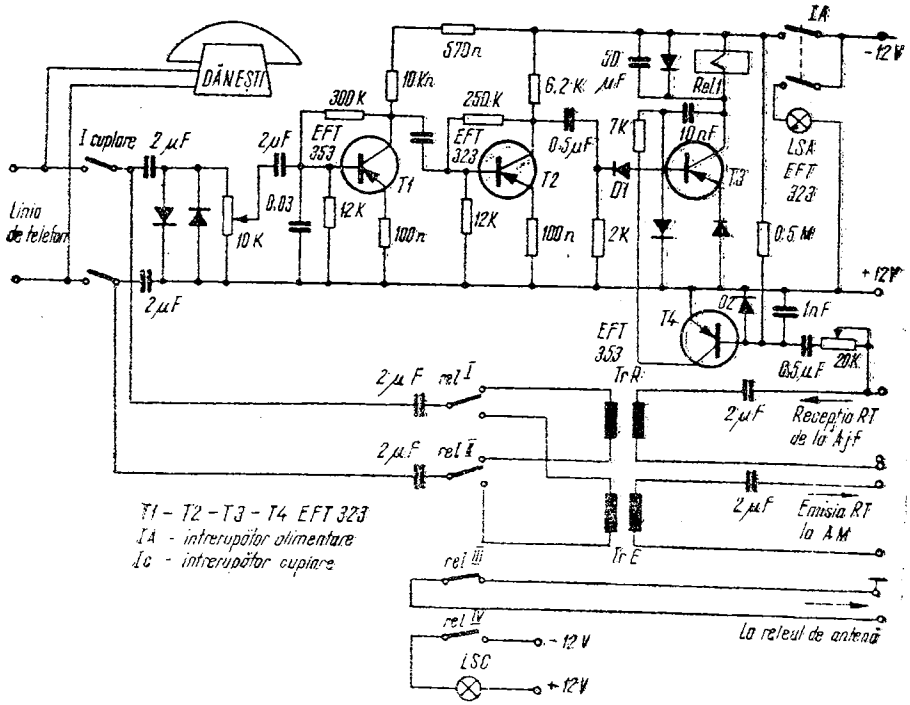


Fig. 5.8 Schema unui dispozitiv de comandă prin voce (D C V).

Tranzistorul *T4* se deschide și-l blochează pe *T3* iar releul *Rel* 1 nu se mai poate atrage atît timp cît vorbește partenerul. În schimb semnalul cules din circuitul receptorului se transmite prin circuitul telefonic de la *B* la *A*.

Un contact al releului semnalizează manipularea dispozitivului.

Transformatoarele adaptează impedanța circuitului telefonic (600 ohmi la cupru sau 1 400 ohmi la oțel) cu impedanța de 15 ohmi a circuitului difuzorului *RT* și circa 300 Ω a circuitului microfonului.

Deși cutiile de comandă de la radiotelefoanele altor firme au scheme electrice deosebite, funcțiunile rămîn în general aceleași.

6. SISTEME RADIANTE

Întrucît antena verticală a unui emițător este echivalentă cu un circuit oscilant deschis, în jurul său ia naștere un cîmp electromagnetic, datorită procesului periodic de transformare a cîmpului electric E, existent între capetele sale (efectul capacității), în cîmp magnetic H (efectul inductanței proprii) și invers.

Cele două cîmpuri E și H, variabile, perpendiculare între ele, se îndepărtează de antenă și se propagă sub forma unor unde electromagnetice transversale (fig. 6.1).

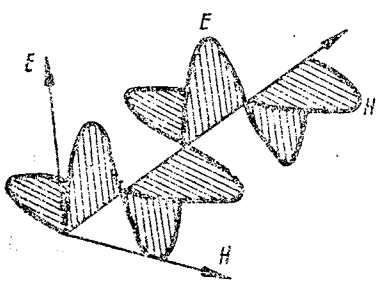


Fig. 6.1 Propagarea undei electromagnetice.

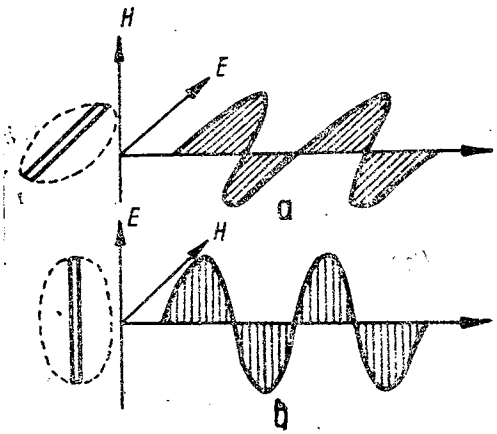


Fig. 6.2 Polarizarea antenelor :
a — antena orizontală ;
b — antena verticală.

Viteza lor de propagare în vid este considerată 300 000 km/s. În alte medii este mai redusă depinzînd de constanta ε a dielectricului, care afectează și lungimea de undă : $l = \frac{300\,000}{\sqrt{\varepsilon \, f(\text{kHz})}} = \text{m}.$

Se consideră că aerul are $\varepsilon = 1$.

Spectrul larg al undelor radio cuprins între 10 kHz (30 000 m) și 300 000 MHz (1 mm) este împărțit în benzi și subbenzi dintre care radiotelefonia mobilă utilizează FIF (30—300 MHz) și UIF (300—3 000 MHz).

6.1 Undele ultrascurte

Undele electromagnetice sînt caracterizate prin polarizare, care se determină luînd ca referință direcția liniilor de forță a cîmpului electric (fig. 6.2 *a* și *b*).

Undele polarizate orizontal au cîmpul electric în poziție orizontală, spre deosebire de undele polarizate vertical care au cîmpul electric într-o poziție verticală. În practică se folosesc ambele polarizări.

Polarizarea verticală oferă o intensitate a cîmpului mare în apropierea pămîntului, pe cînd polarizarea orizontală asigură o intensitate mai mare în zona cu obstacole verticale și păduri, cît și un mare cîștig de tensiune în antene, datorită directivității caracteristice.

Cu toate că undele polarizate vertical sînt afectate și de paraziții industriali, se folosesc totuși în radiotelefonia mobilă deoarece antenele verticale sînt simple, comode și omnidirecționale.

Este obligatoriu ca antenele să aibă aceiași polarizare la emițătoare și receptoare.

Undele de radio se propagă la mare distanță sub forma unor unde de suprafață (în zona vizibilității directe și zona de semiumbră), cît și sub forma unor unde spațiale (în zona de umbră), reflectate de straturile superioare ale atmosferei.

Se determină distanța maximă de propagare, în zona vizibilității directe, cu relația :

$$d = 3{,}57 \left(\sqrt{He} + \sqrt{Hr} \right) \text{ km}$$

în care *He* și *Hr* sînt înălțimile antenelor emițătorului și receptorului (în m).

Întrucît undele ultrascurte pot suferi și oarecare difracție și refracție, ele sînt recepționate și dincolo de orizontul optic, în zona de semiumbră limitată de orizontul radioelectronic. Din acest motiv relația devine : $d = 4{,}12\ (\sqrt{He} + \sqrt{Hr})$ km.

Pentru o recepție normală trebuie să se țină seama nu numai de posibilitatea de propagare a undelor în limita vizibilității directe ci și de intensitatea cîmpului electric E (utilizat pentru aprecierea mărimii cîmpului electromagnetic). Acesta depinde de puterea emițătorului Pe, (în kW), de distanța d, (în km) cîștigul antenei Ka, lunginea de undă λ a semnalelor (în m). Se determină cu relația aproximativă propusă de B. A Vvedenski.

$$E = \frac{2{,}18\ HeHr\ \sqrt{Pe\ Ka}}{d^2\lambda}\ \text{mV/m}$$

Pentru cazul concret al unei comunicații dintre un RTF și un RTM dotate cu antene $\frac{\lambda}{2}$, la frecvențe mai mari de 40 MHz, se dă în literatură o relație pentru calculul intensității cîmpului E și puterii Pr, obținută la bornele antenei :

$$E = \frac{12\ H'e\ H'r}{d^2}\sqrt{Pe} \text{ și } Pr = 2{,}5\left(\frac{H'e\ H'r}{d^2}\right)^2 \cdot \left(\frac{40}{F}\right)^2 \cdot Pe$$

în care $H'e$ și $H'r$ sînt înălțimile efective ale antenelor (în m) F frecvența (în MHz) iar Pe puterea emițătorului (în Wați).

Din ultima relație se determină distanța probabilă de lucru între cele două radiotelefoane.

$$d = \sqrt[4]{2{,}5\ H'e^2\ H'r^2\left(\frac{40}{F}\right)^2 \cdot \frac{Pe}{Pr}}\ \text{km}$$

În cazul antenelor $\frac{\lambda}{4}$ se introduce sub radical factorul $\frac{\lambda}{4}$.

Relațiile de mai sus sînt valabile în cîmp deschis, deoarece în orașe, gări, porturi și alte zone cu obstacole, propagarea undelor este mai complexă, fapt pentru care distanța de lucru este mult mai mică :

$E = (0{,}25 \ldots 0{,}4)\ E$ *cîmp deschis.*

Calculele sînt informative, orientative. Distanțele reale se determină prin măsurători de cîmp.

6.2. Antene

Deoarece performanțele echipamentelor de radio depind de caracteristicile antenelor, s-a dezvoltat o tehnică specială a antenelor. În figura 6.3 $a - d$ se prezintă tipurile de antene mai uzuale.

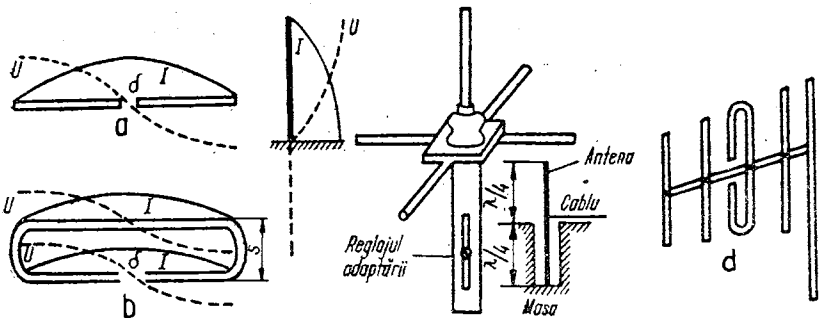


Fig. 6.3 Tipuri de antene utilizate în radiotelefonie :
a — antene dipol liniar ; **b** — antena dipol liniar închis (buclat) ;
c — antena verticală AFI — CT ($\frac{\lambda}{4}$), distribuția curentului, tensiunea și schema de principiu ; **d** — antena canal de undă.

Dintre acestea antena tip dipol liniar $\frac{\lambda}{2}$ este considerată antena etalon. La capete prezintă tensiunea maximă (ventru de tensiune) și curentul minim (nod de curent).

Fiindcă în timpul unei semiperioade curentul circulă numai într-un sens, parcurgînd o lungime $l = \frac{\lambda}{2}$, se determină lungimea de undă a dipolului (antena izolată de pămînt) :

$$\lambda\,(\text{m}) = 2\,l = \frac{300\,000\ (\text{km})}{f\ (\text{kHz})}, \text{ de unde : } l\ (\text{m}) = \frac{300\,000\ (\text{km})}{2\,f\ (\text{kHz})}$$

Lungimea reală a antenei este mai mică decît lungimea teoretică $l\ (\text{m}) = K\frac{\lambda}{2}$.

Distribuția curentului și tensiunii la această antenă se observă în figura 6.3 *a*. Tensiunea într-un punct al antenei, izolată de pămînt, se măsoară față de punctul simetric opus.

Antena verticală pusă la pământ are lungimea $l = \frac{\lambda}{4}$ (real $l = K\frac{\lambda}{4}$). Tensiunea antenei se măsoară față de pământ care are potențialul zero (nod de tensiune). Se consideră și în acest caz că, antena $\frac{\lambda}{2}$ este întregită prin imaginea virtuală reflectată de pământ care are rolul unei oglinzi (fig. 6.3 c). Înlocuind pământul cu un grup de conductoare orizontale se obține antena cu contragreutate (cu pământ artificial Ground plane).

6.3. Caracteristicile antenelor

Aprecierea calității unor antene se face pe baza caracteristicilor electrice.

6.3.1. Cîștigul antenei

În cazul recepției cîștigul este reprezentat prin raportul dintre tensiunea *Ua* măsurată la bornele antenei *A* și tensiunea *Ue*, măsurată la bornele antenei etalon $\frac{\lambda}{2}$, în aceleași condiții de recepție. Se exprimă sub forma de raport simplu $\frac{Ua}{Ue}$ sau în decibeli :

$$S = 20 \log \frac{Ua}{Ue} \text{ dB}$$

În cazul emițătoarelor se definește cîștigul de putere prin raportul puterii radiate maximă și putere medie radiată de antena etalon :

$$Sp = 10 \log \frac{Ua^2}{Ue^2} \text{ dB}$$

6.3.2. Directivitatea

Reprezintă propietatea dipolului de a radia mai multă energie, într-o anumită direcție, în comparație cu o antenă ipotetică, considerată nedirectivă (antena izotropă), care emite aceeași energie în toate părțile.

Directivitatea antenei reiese din caracteristica (diagrama) de radiație orizontală, care la emisie arată variația amplitudinei undei radiate în diferite direcții, iar la recepție arată variația tensiunii la bornele antenei, funcție de direcția de orientare (fig. 6.4 *a* și *b*).

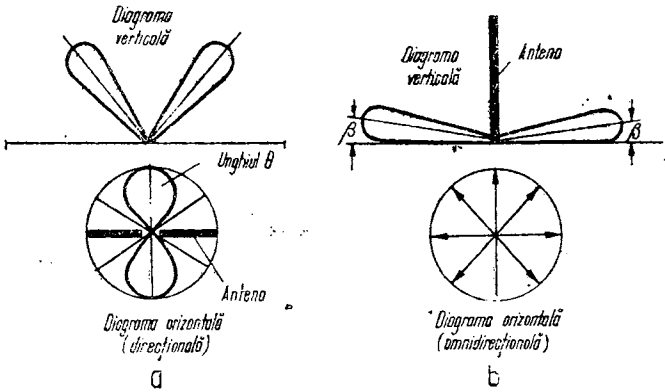


Fig. 6.4 Caracteristicile de radiație a antenelor :
a — antena orizontală ; b — antena verticală.

Antenele sînt caracterizate și printr-o diagramă verticală, care arată radiația spațială sub forma unor lobi, de radiație maximă, cît și unghiul β de radiație (plecare), pe care îl face lobul principal față de pămînt.

Radiația sub un unghi β mic, caracteristic antenelor verticale, permite legături la distanțe mari, cu toate că aceste antene nu au directivitate.

Din diagrama orizontală se stabilește unghiul Θ de directivitate, în care tensiunea la bornele antenei nu variază cu mai mult de 3 dB din tensiunea maximă.

Uneori se utilizează și *coeficientul de directivitate* reprezentat prin raportul dintre puterea radiată de antena izotropă și puterea radiată de antena dată, pentru că într-o anume direcție să se producă același cîmp.

Directivitatea este pusă în evidență și prin raportul de protecție față-spate, care la recepție este definit prin raportul dintre tensiunea *Uf*, obținută la bornele antenei cînd este cu fața către emițător și tensiunea *Us*, obținută cînd antena este întoarsă cu spatele la emițător.

$$\frac{F}{S} = 20 \log \frac{Uf}{Us} \text{ dB}$$

La emisie este definit prin raportul dintre intensitatea cîmpului emis în direcția principală și intensitatea cîmpului emis în direcția opusă.

6.3.3. Impedanța antenei

Este determinată prin raportul dintre tensiune și curent, la bornele antenei, în cazul rezonanței.

Impedanța are o componentă activă *Ra* și una reactivă *Xa* (inductivă sau capacitivă)

$$Za = \sqrt{Ra^2 + Xa^2} = \sqrt{Ra^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$$

Deoarece numai pentru o anume frecvență (de rezonanță), $Za = Ra$, adaptarea antenelor cu cablele de legătură și *Rt* se face considerînd antena la rezonanță *(Frez)*.

Cînd $F > Frez$ componenta reactivă are caracter inductiv iar cînd $F < Frez$ are caracter capacitiv.

În cazul rezonanței la emisie : $Ra = Rr + Rp$, în care *Rr* este rezistența de radiație, iar *Rp* este rezistența de pierderi (încălzire sau pierderi prin izolatoare etc.).

Cînd $Rp \to 0$, atunci $Ra = Rr$ (ideal).

Rezistența de radiație este o rezistență fictivă în care se presupune că se disipă puterea emițătorului.

Rezistența de radiație depinde de poziția antenei față de obiectele din jur, de raportul dintre lungimea și diametrul său. Pămîntul și acoperișurile pe care se fixează antenele modifică *Rr*. Din acest motiv antenele se ridică la cîteva lungimi de undă deasupra lor. Radiația este mare la antenele cu înălțimea efectivă (*Hef*) mare.

6.3.4. Banda de trecere. Banda de frecvențe

Este numită și caracteristica de frecvență a antenei și este reprezentată prin limitele de frecvență, între care tensiunea la borne nu variază mai mult de 3 dB, față de frecvența de rezonanță.

La emițătoare se numește banda de frecvențe transmisă și reprezintă intervalul de frecvențe în care cîmpul, în direcția principală de radiație, scade cu 3 dB față de valoarea maximă.

Banda de frecvenţe depinde de diametrul d al antenei (bandă mare pentru diametre mari) şi de raportul dintre lungimea şi diametrul său $\frac{l}{d}$ (banda este mică şi antena e mai selectivă cînd raportul $\frac{l}{d}$ este mare).

6.3.5. **Randamentul**

Se defineşte prin raportul dintre puterea radiată Pr şi puterea totală existentă la bornele antenei Pa

$$\eta = \frac{Pr}{Pa}$$

Randamentul scade cînd în apropierea antenelor se află corpuri metalice.

6.3.6. **Înălţimea efectivă**

Reprezintă înălţimea convenţională a unei antene ipotetice care recepţionează sau emite aceeaşi energie ca şi antena reală (fig. 6.5), dar la care curentul este egal pe toată lungimea antenei, cu curentul din maxime (ventru). Se determină prin calcule. La antena $\frac{\lambda}{4}$, înălţimea efectivă este $Hef. = 0{,}637\ H.$

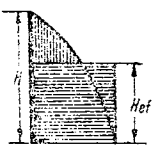


Fig. 6.5 Înălţimea efectivă a antenei $\frac{\lambda}{4}$.

Antenele verticale cu capacitate terminală au Hef. mai mare.

6.4. Construcţia antenelor pentru unde ultrascurte

6.4.1. **Dipolul $\frac{\lambda}{2}$ (vibratorul în semiundă)**

Se construieşte sub forma unui dipol liniar (fig. 6.3 *a*) sau sub forma unui dipol închis-repliat-(6.3 *b*).

Lungimea l a dipolului este mai mică decît $\frac{\lambda}{2}$ cu factorul de scurtare K, care depinde de d, diametrul conductorului dipolului. Deci : $l = K \frac{\lambda}{2}$.

Scurtarea Δl a lungimii dipolului depinde de raportul $\frac{\lambda}{d}$ numit grad (factor) de suplețe. Cu cît d este mai mare și Δl este mai mare.

În lungimea l a dipolului liniar intră și spațiul δ (30—50 mm) dintre capetele dipolului. La dipolul închis $\delta \approx$ 60—80 mm.

Impedanța teoretică a dipolului liniar este $Z1 = \frac{U}{I} = 73{,}1$ ohmi iar a dipolului închis este $Z2 = \frac{U}{I} = \frac{2U}{\frac{I}{2}} = \frac{4U}{I} = 4Z1 = 292{,}4$ ohmi.

Za depinde tot de $\frac{l}{d}$ sau $\frac{\lambda}{d}$. Cînd $\frac{\lambda}{d}$ este mai mic (d mare) și impedanța este mică.

Dipolul liniar are cîștigul de tensiune 1 sau 0 dB (fiind considerat etalon).

Dipolul $\frac{\lambda}{2}$ se utilizează în radiotelefonia mobilă ca antenă directivă, bidirecțională (polarizare orizontală). Oferă avantajul că se conectează direct cu un cablu de 75 ohmi simetrizat. Necesită un suport de fixare izolat de pămînt. Dipolul $\frac{\lambda}{2}$ închis se poate pune la pămînt în punctul de potențial zero, iar la cablele de 50 sau 75 ohmi se conectează cu adaptare. O jumătate din dipolul închis se utilizează ca antenă pe locomotive.

6.4.2. **Antena cu elemente pasive (antena Yagi-canal de undă)**

La aceste antene dipolul este însoțit de mai multe elemente pasive (directoare în față și reflectoare în spate).

Antena Yagi este reversibilă, comportîndu-se la fel, la emisie și recepție, considerent pentru care are utilizare în radiotelefonia mobilă, pentru distanțe mari.

În funcție de distanța dintre elemente (directoare-vibrator-reflector), cît și de lungimea lor, variază directivitatea, cîștigul și impedanța antenei.

La aceste antene impedanța poate varia între 290 și 10 ohmi, iar cîștigul poate atinge 15 dB.

Fiindcă între elementele acestor antene există mari influenţe, dimensiunile se calculează pe bază de date experimentale sau din tabele existente în literatura de specialitate.

6.4.3. Antena verticală $\frac{\lambda}{4}$ — Ground Plane

Este o antenă simplă care în loc de pămînt are contragreutăţi. Deşi calculul teoretic recomandă lungimea contragreutăţilor $l = 0{,}35\lambda$, în practică atît vibratorul cît şi contragreutăţile au lungime egală ($l = K\frac{\lambda}{4}$)

Pentru calculul acestor elemente există diferite relaţii aproximative.

De exemplu : $H = \frac{72\,900}{f\ (\text{kHz})}$ m (pentru RTM tip STORNO).

Frecvenţa f este fie frecvenţa de lucru a canalului simplex, fie o frecvenţă medie corespunzătoare canalelor duplex.

Deoarece distribuţia curentului şi tensiunii în antena $\frac{\lambda}{4}$ este aceeaşi ca la antena-$\frac{\lambda}{2}$-, însă mărimea tensiunii este egală cu jumătatea tensiunii dipolului $\frac{\lambda}{2}$, impedanţa acestei antene va fi redusă la jumătate (36,6 ohmi).

Caracteristica de radiaţie orizontală este perfect circulară.

Schimbînd unghiul faţă de pămînt al planului contragreutăţilor şi eventual numărul acestora, se poate varia impedanţa şi într-o oarecare măsură directivitatea. De exemplu montînd contragreutăţile la aproximativ 135° faţă de radiator se obţine impedanţa de 60 ohmi.

Deşi puterea radiată de antena $\frac{\lambda}{4}$ este mai mică, decît a dipolului $\frac{\lambda}{2}$, aceasta poate asigura legături radio la mare distanţă, întrucît unghiul β de radiaţie a energiei emiţătorului (pe care îl face lobul principal cu direcţia de propagare), este mult mai mic decît la antenele $\frac{\lambda}{2}$ (fig. 6.4 *b*).

Antena $\frac{\lambda}{4}$ cu contragreutăţi se utilizează la aparatele RTF şi RTM. La aparatele portabile carcasa acestora ţine loc de contra-

greutate (cu suprafața redusă), iar antena devine astfel mai comodă la transport.

Pentru aceeași frecvență de lucru, antenele $\frac{\lambda}{4}$ de la diferite RTP nu au totdeauna aceeași lungime, deoarece intervine factorul de scurtare, care depinde de grosimea radiatorului.

În mod obișnuit cablul coaxial de legătură la antena $\frac{\lambda}{4}$ se conectează la punctul de potențial zero și curent maxim, iar la rezonanță întreaga putere este radiată deoarece impedanța este activă.

Pentru a realiza înălțime efectivă mare, în locul antenelor cu lungimea $\frac{\lambda}{4}$ se utilizează antene cu $l = n\frac{\lambda}{4}$ numite antene armonice și în care n este un număr întreg. Este posibil aceasta deoarece antenele oscilează și pe armonicile frecvenței de bază.

Cînd antena este construită pentru $l = \frac{\lambda}{4}$ (antena cu undă dominantă) sau pentru armonice impare ($3\frac{\lambda}{4}$, $5\frac{\lambda}{4}$ etc.), cablul coaxial conectat la bază se află într-un punct de curent maxim și tensiune zero, iar rezistența de radiație și impedanța sînt mici.

La antena construită pentru armonice pare $2\frac{\lambda}{4}$, $4\frac{\lambda}{4}$ etc., punctul de conectare a cablului coaxial oferă mare impedanță deoarece curentul este zero, iar tensiunea mare (fig. 6.10 *d*).

Datorită adaptării necorespunzătoare nu se folosesc curent. Aparatele RTF și RTM utilizează și antene cu lungimea $l = 5\frac{\lambda}{4}$ la care tensiunea și curentul cu aceeași distribuție ca în antena $\frac{\lambda}{4}$.

De asemenea se întîlnesc antene cu $l = 5\frac{\lambda}{8}$, care oferă impedanță mai ridicată, pentru adaptare la unele cable coaxiale.

6.5. Antene pentru radiotelefoane fixe

Cele mai utilizate antene pentru radiotelefoanele fixe, sînt antenele verticale tip $\frac{\lambda}{4}$ deși nu în toate locurile de muncă sînt necesare antene omnidirecționale.

Sînt indicate antenele omnidirecționale pentru RTF situate în centrul unei zone de lucru aproximativ circulară, în care activează un număr de RTM sau RTP, alcătuind o rețea tip stea.

Pentru asemenea rețele este indicată antena F 30143 tip IEMI (fig. 6.6 *a*) cu impedanța de 50 ohmi și posibilități de conectare la pământ, împotriva descărcărilor electrice.

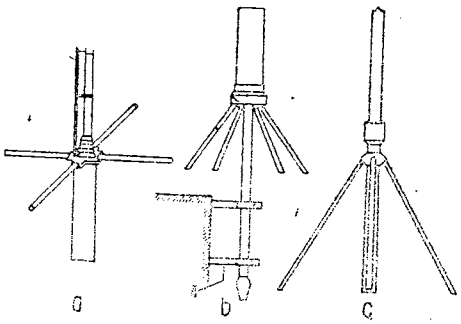


Fig. 6.6 Antene omnidirecționale: **a** — F 30143 IEMI ; **b** — antena 2 AR 7 (6) ; **c** — antena VYA 100.

Antenele 2 AR 7 construite pentru banda de 2 m și 2 AR 6 pentru banda de 4 m, utilizate la aparatele USE 600 au impedanța de 60 ohmi și cîștigul 0 dB (fig. 6.6 *b*). La fel antena VYA 100 tip Tesla (fig. 6.6 *c*) oferă impedanța de 75 ohmi și cîștigul de 2 dB.

În aceeași serie de antene protejate împotriva descărcărilor electrice este antena AF 1-CT Iași, executată în atelierul CT al Regionalei CFR Iași. Se compune dintr-un vibrator $\frac{\lambda}{2}$, care trece printr-un izolator de porțelan și un tub de aluminiu.

Jumătatea de element, în lungime de $\frac{\lambda}{4}$ situată deasupra izolatorului constituie radiatorul, iar cealaltă jumătate (tot $\frac{\lambda}{4}$), de sub planul contragreutăților se scurtcircuitează după necesități cu tubul exterior (legat la pământ), pentru adaptare.

Cablul de RF se conectează deasupra izolatorului. Jumătatea de element $\frac{\lambda}{4}$ scurtcircuitată oferă impedanță mare pentru curenții de RF și rezistența mică pentru curenții descărcărilor electrice (fig. 6.3 *c*).

O rețea tip panglică cu RT care lucrează pe două direcții diametral opuse (de exemplu în lungul unei șosele, sau căi ferate, pentru legături cu vehicule în mișcare) este deservită mai bine de antene bidirecționale, directive, care au cîștig mare.

Antena dublu direcțională model Yagi are diagrama orizontală cardioidă cu unghiul Θ de 100° și 3 dB cîștig (fig. 6.7). Cele două antene Yagi se conectează în paralel, printr-un adaptor. Se obține o

antenă bidirecţională cu diagramă de **radiaţie orizontală elip**soidală (3 dB cîştig) din 2 antene 2 AR 6 conectate la cablu printr-un dispozitiv de adaptare.

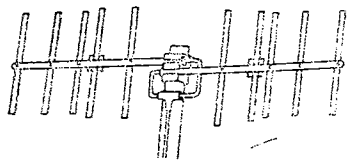


Fig. 6.7 Antene bidirecţionale Yagi.

Într-o construcţie asemănătoare, **antena VYA 210 Tesla** formată din două antene omnidirecţionale cu lungimea $5\frac{\lambda}{4}$ şi diagrama de radiaţie orizontală, tip cardioidă, are unghiul de 50° şi cîştigul de 8 dB (fig. 6.8).

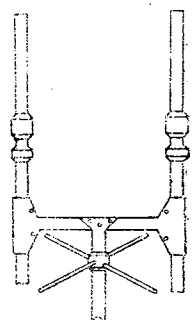


Fig. 6.8 Antena bidirecţională VYA 210.

O reţea tip grătar, a căror radiotelefoane activează numai în spaţiul unui unghi de 90°, este mai eficientă dacă se execută cu antene Yagi sau unghiulare. O jumătate din antena direcţională cu 5 elemente din figura 6.7 se poate regla pentru cîştigul de 6 dB (banda 134—174 MHz), cu unghiul diagramei orizontale de 60—80°. Antena se poate utiliza cu polarizare orizontală sau verticală după cum este fixată în suportul de susţinere.

Un cîştig de 12 dB realizează o antenă construită cu 14 elemente pentru banda de 420—470 MHz.

Antena VYA 201 construită din antena VYA 100 pentru 78—84 MHz este dotată cu două directoare şi un reflector. Are impedanţa de 75 ohmi şi cîştigul de 10 dB (fig. 6.9 *a*).

Antena unghiulară K 73122-KATHREIN pentru 400—470 MHz are impedanța de 50 ohmi și cîștigul de 9 dB (fig. 6.9 b).

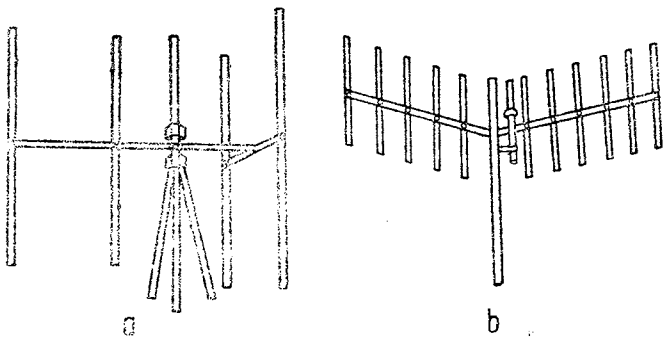


Fig. 6.9 Antene directive :
a — antena VYA — 100 ; b — antena unghiulară K 73122.

Urmărindu-se obținerea unei înălțimi efective și cîștig cît mai mare, au început să fie utilizate în banda frecvențelor FIF și UIF, antenele verticale omnidirecționale cu $l = \lambda$, care oferă un cîștig de 2,3—2,5 dB față de antena $\frac{\lambda}{2}$, cît și antenele cu $l = 2\lambda$, de tipul colineare cu un cîștig de 4,3 dB (2 AR 20 KOPENICK).

Indiferent de tipul de antenă folosit, pentru a nu fi deformată caracteristica de directivitate, montarea antenei se face pe locuri înalte, deasupra pămîntului, clădirilor și pomilor, (3—10 lungimi de undă), astfel încît pe un perimetru de 15 m, în jur, să nu existe un element parazitar. Radiația antenelor fixate pe pereții laterali ai clădirilor este perturbată de undele reflectate.

6.6 Antene pentru radiotelefoane mobile

Ținînd seama de caracteristicile tehnice ale diferitelor vehicule, ce pot fi dotate cu RTM, s-au realizat un mare număr de antene destinate automobilelor, locomotivelor și mijloacelor de transport în comun.

Antenele pentru automobile sînt de regulă omnidirecționale, tip vergea, cu $l = \frac{4\lambda}{4}$ și folosesc caroseria drept contragreutate. Dintre acestea sînt antenele pentru RTM tip IEMI.

Antenele cu lungimea $\frac{5}{8}\lambda$ (fig. 6.10 *a*) pentru 144—474 MHz au un cîștig de 1,5—2 dB, în comparație cu antena $\frac{\lambda}{4}$ (fig. 6.10 *b*), construită pentru aceeași bandă.

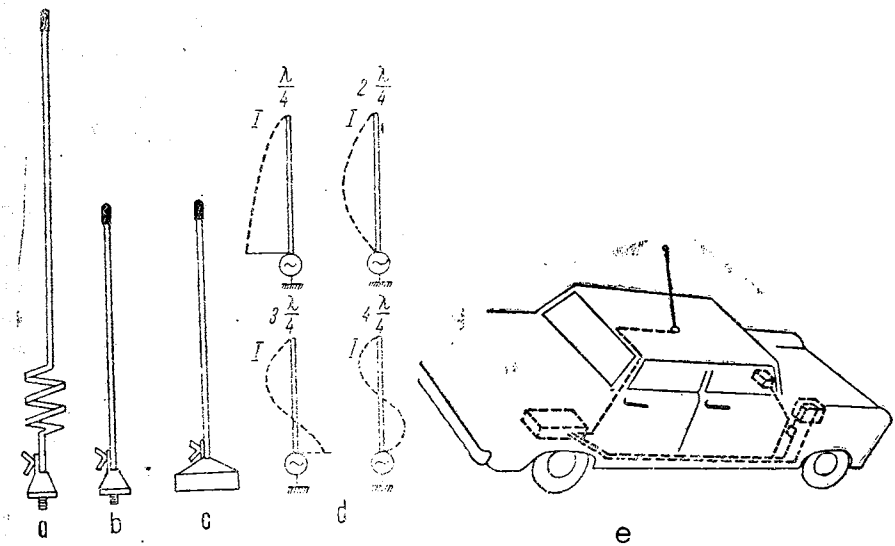


Fig. 6.10 Antene pentru RTM :

a — antena $5\frac{\lambda}{8}$; **b** — antena $\frac{\lambda}{4}$; **c** antena cu suport magnetic ; **d** — antene armonice ; **e** — amplasarea antenei RTM pe mijloace auto.

Radiatorul antenelor $5\frac{\lambda}{8}$ are cîteva spire la bază, care îmbunătățesc reglajul și asigură mai mare elasticitate antenei.

În ultimul timp se folosește cu succes antena elice (Helix), construită dintr-o tijă din fibră de sticlă sau poliesteri avînd lungimea $l = \frac{\lambda}{4}$ și bobinată o înfășurare din sîrmă de cupru emailat. Lungimea tijei și bobinei se scurtează pentru adaptarea pe frecvența de lucru.

Pentru instalarea rapidă a RTM pe vehicule s-au realizat antene cu suport magnetic (fig. 6.10 *c*), ce se pot fixa fără şuruburi pe acoperişul metalic al vehiculelor. Asemenea antenă se poate realiza folosind magnetul permanent de la difuzoare.

Se obţine radiaţie maximă la emisie şi mare sensibilitate la recepţie, amplasînd antenele pe mijlocul acoperişului, într-un punct simetric din punct de vedere al contragreutăţii (fig. 6.10 *e*).

Atunci cînd se depăşeşte gabaritul permis autovehiculului, antena se poate amplasa şi pe portbagaj sau pe o aripă, la distanţă minimă de 100 mm faţă de alte părţi metalice, cu menţiunea că, pot apărea efecte de directivitate, care reduc performanţele.

În cazul acoperişului nemetalic se realizează contragreutatea plasînd sub antenă o foaie de tablă (1,5 × 1,5 m).

După executarea legăturii RT-cablu-antenă se verifică adaptarea cu un reflectometru şi eventual se scurtează radiatorul, pînă se obţine unda reflectată minimă.

Condiţiile grele în care lucrează locomotivele, troleibuzele, tramvaiele (şocuri, influenţa liniei electrice de contact), au impus construcţia unei antene solide, cu gabarit redus, suprafaţă mare de contact pe acoperişul locomotivei şi cu rezistenţa electrică de trecere minimă, prin care să se scurgă la pămînt, eventualul curent de scurtcircuit ce apare în cazul căderii liniei de contact pe antene, periclitînd viaţa oamenilor.

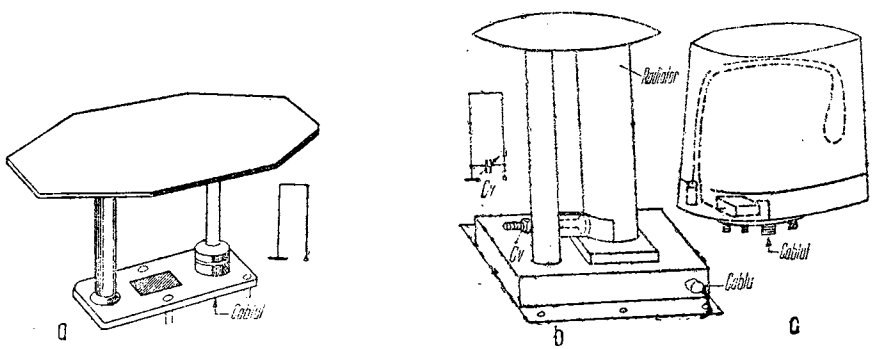


Fig. 6.11 Antene pentru mijloace de transport în comun :
a — antena 2 AL 10 ; b — antena 2 AL 1 ; c — antena K 50222.

Aceste condiţii le satisface antena 2 AL 1 (KOPENICK) construită pentru 100 W şi gama frecvenţelor 146—174 MHz (fig. 6.11 *a*). Are cîştigul de 0—1 dB şi impedanţa $Z = 50$ ohmi. Este construită

dintr-un semidipol închis, cu un capăt pus la masă. Adaptarea se realizează cu ajutorul unui condensator variabil tip piston, ce se reglează printr-un șurub.

O antenă mai simplă este 2 AL 10 care în caz de scurtcircuit permite scurgerea la masă a unui curent de 2 500 A. Este tot de tipul semibuclă (o jumătate de dipol închis), scurtată cu ajutorul capacității realizate de placa superioară față de masă (fig. 6.11 *b*). Nefiind reglabilă se construiește în variante, pentru diferite benzi de frecvențe.

Locomotivele electrice românești folosesc antena K 50222 (KATHREIN) de 50 ohmi construită dintr-o semibuclă (în lungime $\frac{\lambda}{4}$) repliată și protejată într-o carcasă din poliesteri și fibre de sticlă (fig. 6.11 *c*).

Radiotelefoanele sovietice din seria ЖРУ, destinate locomotivelor sînt dotate cu o antenă semibuclă, cu înălțimea $\frac{\lambda}{4}$ și 6 radiatoare. Din punct de vedere teoretic această antenă se realizează, din dipolul liniar $\frac{\lambda}{2}$, îndoit în punctul de potențial zero, astfel încît curenții prin cele două elemente au același sens (fig. 6.12 *a*).

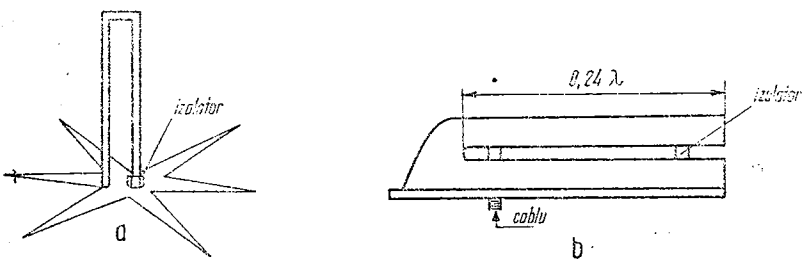


Fig. 6.12 Antene pentru locomotive :
a — antena J R U ; b — antena patină.

De asemenea se utilizează antena patină (fig. 6.12 *b*) aflată și în exploatarea căilor ferate poloneze (PKP). Radiatorul este reprezentat prin segmentul $l = 0{,}24\lambda$. Are impedanța de 50 ohmi.

Antenele mijloacelor de transport în comun se montează degajat deasupra acoperișului locomotivei sau tramvaiului asigurîndu-li-se o contragreutate cu raza de circa $\frac{\lambda}{4}$. Datorită condițiilor speciale de montaj și lucru, aceste antene nu lucrează cu o adaptare perfectă, avînd un coeficient de undă staționară sub 1,5.

6.7. Antene pentru radiotelefoanele portabile

Majoritatea radiotelefoanelor portabile sînt dotate cu antene verticale tip $\frac{\lambda}{4}$, confecționate din lame de oțel (CQP 500, UFT 422, RTP-MF-S), sau din cîteva fire de oțel (VXW 100) și o mufă coaxială cu care se fixează pe bordul radiotelefonului.

Drept contragreutate se folosește carcasa radiotelefonului. Fiindcă suprafața contragreutăților este mică randamentul RTP este mult mai slab decît al RTM și RTF. Se poate îmbunătăți, în limita posibilităților, plasînd aparatul (în timpul convorbirii), deasupra unei suprafețe (vagon, automobil, rezervor).

Deși antena din lamele are suprafața mare și adaptare bună (RTP-MF-S), antena cu fire din sîrmă de oțel este mai elastică, ieftină și mai rezistentă la șocuri.

Atunci cînd se înlocuiesc antenele din lamele, cu antene din sîrmă de oțel, trebuie să se țină seamă de faptul că raportul $\frac{l}{d}$, $\frac{\lambda}{d}$ influențează impedanța (implicit adaptarea) și este necesară verificarea cu reflectometrul și scurtarea antenei pentru unda reflectată minimă. Din acest motiv lungimea antenelor diferitelor tipuri de RTP care lucrează pe aceeași frecvență, prezintă unele diferențe.

În scopul eliminării neadaptării existente între antenele $\frac{\lambda}{4}$ (cu $Za = 36$ ohmi) și circuitul de RF al radiotelefoanelor (75 ohmi, 60 ohmi sau 50 ohmi), unii producători au dotat antenele cu un mic adaptor. Astfel antena CQP 500 are în locașul mufei o bobină cu 3 spire și un condensator de 15 pF (fig. 6.13 *a*).

O serie de aparate sînt dotate cu antene telescopice, care realizează lungimea $\frac{\lambda}{4}$

Traficul radiotelefonic la distanțe mici de ordinul a 0,5—1,5 km se realizează și prin antene flexibile construite dintr-o bucată de liță izolată $l = \frac{\lambda}{4}$ care se întinde pe cureaua tocului RTP.

Pentru a exclude influența corpului aparatului asupra antenei $\frac{\lambda}{4}$, la căile ferate poloneze se utilizează radiotelefoane portabile cu antene flexibile tip dipol $\frac{\lambda}{2}$, fixate pe curea.

De mult succes se bucură antena elicoidală (elice), executată sub forma unui resort cu gabarit redus. RTP tip TELEPORT VII

cu înălțimea carcasei de 167 mm, are o antenă elice lungă de aproximativ 160 mm, pentru banda de 160 MHz (fig. 6.13 *b*).

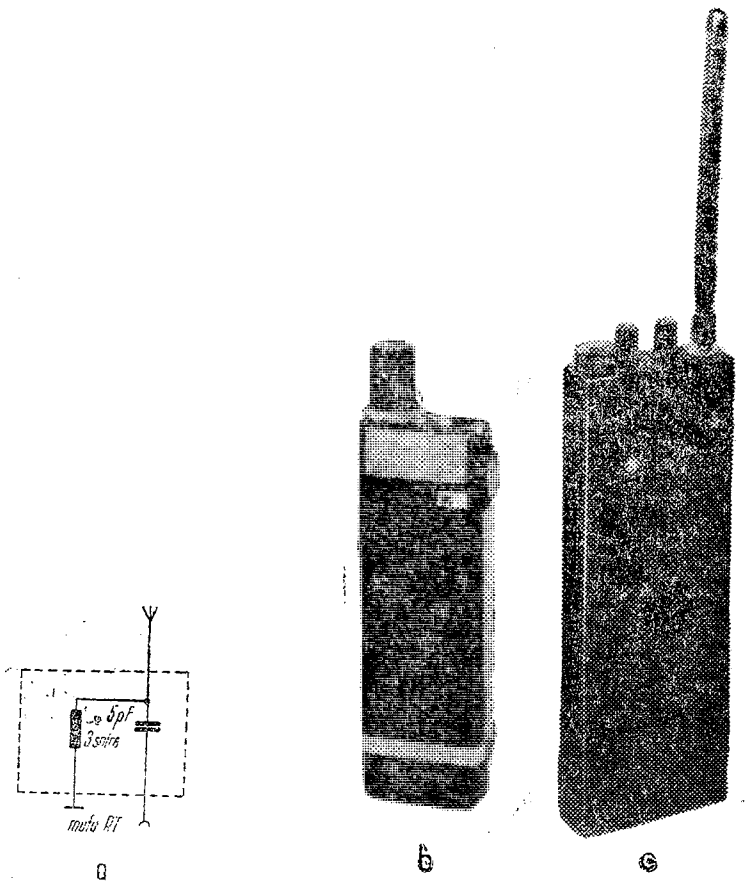


Fig. 6.13 Antene pentru RTP :
a — adaptorul pentru antena CQP 800 ; b — antena COMPACT.
c — antenă elice ;

S-au realizat de asemenea antene compacte cu înălțimea mică, dar mai bună eficacitate, datorită adaptării perfecte la RT, prin circuite rezonante. Antena COMPACT de la CQP 800 STORNO are diametrul de 28 mm și înălțimea de 36 mm (fig. 6.13 *c*).

Unele RTP sînt dotate pentru purtare în spate, gen raniță (VXW), cu antena deasupra capului sau cu antena fixată la casca de protecție a capului (metalizată), după modelul cosmonauților, pentru a mări raza de lucru.

6.8. Cablul de radiofrecvență

Legătura radiotelefon-antenă se realizează printr-o linie de transmisie numită fider sau cablu de radio frecvență.

Cablul poate fi simetric (bifilar) sau asimetric (coaxial).

Pentru a evita radiația energiei transportate în radiotelefon se utilizează cablul coaxial.

6.8.1. Caracteristici

Impedanța caracteristică

Liniile de transmisie se caracterizează prin impedanța caracteristică Zc, reprezentată de raportul dintre tensiunea și curentul undei de radio-frecvență ce se propagă pe linie, cînd aceasta este închisă pe o rezistență de sarcină, care nu dă naștere la reflexii:

$$Zc = \sqrt{\frac{R+J\omega L}{G+J\omega C}}$$

în care : R este rezistența, C — capacitatea, L — inductanța, G — perditanța. Pentru cablul scurt R și G au valori mici, impedanța caracteristică va fi :

$$Zc = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Practic Zc depinde de diametrul conductoarelor și distanța dintre ele.

Zc la cablul coaxial se poate calcula cu o relație simplificată : $Zc = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \log \frac{D}{d}$ în care : D este diametrul interior al tresei cablului ; d — diametrul exterior al firului central, iar ε — constanta dielectrică care depinde de materialul de izolație.

La cablul cu izolație din polietilenă $\varepsilon = 2{,}25$, iar la cel cu izolație din policlorură de vinil $\varepsilon = 3$.

Cablele utilizate în radiotelefonie au Zc de 50 ohmi, 60 ohmi și 75 ohmi. Loviturile, nodurile, deformează mărimea Zc provocînd reflecția undelor de radio.

Factorul de scurtare

Coeficientul $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}}$ se numește factor de scurtare al cablului coaxial și se utilizează pentru a determina viteza de propagare a undelor de radio prin conductoarele între care se află alt dielectric decît aerul.

Pentru cablul cu izolație de polietilenă $\frac{1}{\sqrt{\varepsilon}} = 0{,}66$ iar $\lambda = 0{,}66 \frac{300\,000}{f(\mathrm{KHz})} = 0{,}66\ \lambda_o$.

Factorul de scurtare se aplică la toate cablurile utilizate în radiotelefonie și măsurări de radiofrecvență.

Atenuarea

Semnalele transmise de-a lungul cablurilor suferă o slăbire a amplitudinei — o atenuare — care se calculează cu relația: $At = \alpha c \cdot l$, în care αc este o constantă (atenuarea specifică în dB/km), iar l este lungimea cablului.

Deseori se calculează atenuarea și în Neperi: 1 Np = 8,7 dB. Atenuarea depinde de $C, (\frac{d}{D})\varepsilon$ și f. La aceeași frecvență au atenuare mică cablurile cu C mic ($\frac{D}{d}$ mare).

6.8.2. **Comportarea cablurilor**

Dacă un RT emite pe un cablu care are capătul izolat de antenă, sau în scurtcircuit, apar unde directe, care se propagă de la RT la antenă și unde reflectate, ce se propagă de la antenă la RT.

Raportul: $\frac{\text{Unde reflectate } (Ur)}{\text{Unde directe } (Ud)} = \rho$, coeficientul de reflexie.

Notînd cu Zs impedanța sarcinei, Is curentul ce trece prin sarcină, Us tensiunea ce apare la bornele rezistenței de sarcină și Zc impedanța caracteristică, într-un punct oarecare X, de pe acest cablu, vom măsura:

$$\rho = \frac{Ur}{Ud} = \frac{Us - Zc \cdot Is}{Us + Zc \cdot Is} = \frac{Is \cdot Zs - Zc \cdot Is}{Is \cdot Zs + Zc \cdot Is} = \frac{Zs - Zc}{Zs + Zc}$$

ρ poate avea valori diferite între 0 și ± 1 în funcție de mărimea impedanței de sarcină Zs (mărimea undei reflectate).

Se pot ivi situațiile de mai jos :

Cablul izolat la capăt ($Zs = \infty$) :

$$\rho = \frac{Zs - Zc}{Zs + Zc} = \frac{\infty - Zc}{\infty + Zc} = 1, \text{ iar } Ur = Ud$$

La distanța $\frac{\lambda}{4}$ de capătul B al cablului în gol (izolat de antenă $Z = \frac{Ud}{Id} = 0$, deoarece Id = maxim, iar $Ud = 0$ (fig. 6.14 *a*).

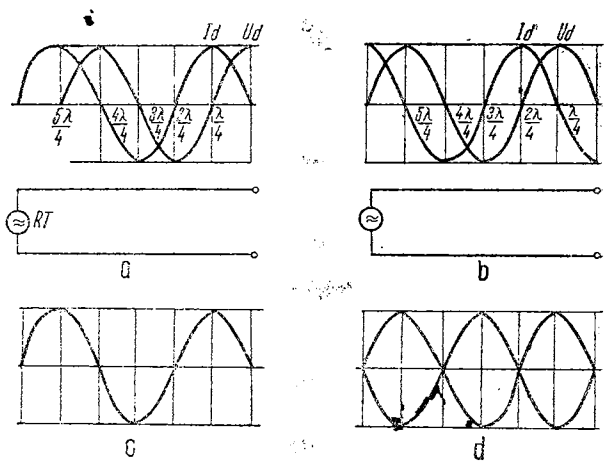


Fig. 6.14 Propagarea undelor pe cablele de radiofrecvență :
a — cablu deschis la capăt ; **b** — cablu cu scurtcircuit la capăt ;
c — cablu adaptat cu unde progresive ;
d — cablu neadaptat cu unde reflectate (noduri și ventre).

La distanța $\frac{\lambda}{2}$ de capăt : $Z = \frac{Ud}{Id} = \frac{U}{0} = \infty$.

În concluzie la capătul A al unui cablu care are capătul B deschis, impedanța $Z = 0$ pentru lungimile $\frac{\lambda}{4}, \frac{3\lambda}{4}, \frac{5\lambda}{4}, \frac{7\lambda}{4}$ și $Z = \infty$ pentru lungimile $\frac{\lambda}{2}; \frac{2\lambda}{2}, \frac{3\lambda}{2}, \frac{4\lambda}{2}$

Fiindcă linia $\frac{\lambda}{2}$ în gol oferă o impedanță mare se folosește la măsurări în *RF* pentru a transfera impedanța *Zs* la bornele aparatului de măsură.

Cablul cu $l = \frac{\lambda}{2}$ reproduce la capătul *A*, mărimea impedanței conectată la aparatul *B*.

Din acest motiv la măsurările de putere a undei directe și reflectate, la verificarea impedanțelor antenelor se folosesc obligatoriu cabluri cu lungimea egală cu $\frac{\lambda}{2}$ (sau multiplu $\frac{\lambda}{2}$) conectate cu factorul de scurtare și eventual măsurate la un impedanțmetru.

Cablul în scurtcircuit la capăt *(Zs = 0)*.

$$\rho = \frac{Zs - Zc}{Zs + Zc} = \frac{0 - Zc}{0 + Zc} = -1$$

Unda reflectată este egală și de sens contrar cu unda directă. La distanța $\frac{\lambda}{4}$ de capătul *B* al cablului în scurtcircuit $Z = \frac{U}{0} = \infty$, iar la distanța $\frac{\lambda}{2}$ de capăt, $Z = \frac{0}{I} = 0$ (fig. 6.14 *b*).

În concluzie la capătul unui cablu (conectat la RT) cu capătul *B* în scurtcircuit se reflectă o impedanță foarte mare $(Z = \infty)$ pentru Θ lungimile $\frac{\lambda}{4}$, $\frac{3\lambda}{4}$, $\frac{5\lambda}{4}$ etc.

Cablul adaptat la RT și antenă (Zrt = Zc = Za)

$$\rho = \frac{Zs - Zc}{Zs + Zc} = 0$$

La egalitatea impedanțelor $Zc = Zs$ nu există unde reflectate, iar cablul poate avea orice lungime.

În această situație undele pot circula pe cablu sub forma unor unde progresive de la RT la antenă (fig. 6.14 *c*).

Cablul neadaptat la antenă (eventual și la RT)

Datorită neadaptării apar undele reflectate cu faze diferite. Drept consecință în unele puncte de pe cablu pot apărea tensiuni în amplitudini maxime (ventre), cînd cele două unde se adună și tensiuni cu amplitudini minime (noduri) cînd cele două unde se scad. Fenomenul depinde de defazajul dintre undele Ud și Ur (fig. 6.14 *d*).

Undele astfel rezultate cu ventre și noduri, în anumite puncte ale cablului, se numesc unde staționare. Sînt o consecință a neadaptării ($Zc \neq Zs$).

Se apreciază calitatea adaptării RT-cablu-antenă măsurînd s raportul (coeficientul), de unde staționare (RUS-ROS-SWR):

$$s = \frac{Umax}{Umin} = \frac{Ud + Ur}{Ud - Ur} = \frac{I\,max}{I\,min} = \frac{Id + Ir}{Id - Ir}$$

De asemenea : $s = \frac{Zs}{Zc}$ sau $s = \frac{Zc}{Zs}$.

Deoarece undele staționare apar la orice neadaptare s este mai mare decît unitatea fie că $Zc > Zs$, fie că $Zs > Zc$.

Între coeficientul de reflecție ρ și raportul de unde staționare s există relația :

$$\rho = \frac{s - 1}{s + 1} \text{ sau } s = \frac{1+\rho}{1-\rho}$$

Atunci cînd nu există reflexii $\frac{Ur}{Ud} = \rho = 0$, iar :

$s = \frac{1+0}{1-0} = 1$ valoare ideală.

Atunci cînd are loc o reflecție totală $\frac{Ur}{Ud} = 1$, iar

$s = \frac{1+1}{1-1} = \infty$ (valoarea maximă).

În radiotelefonie se acceptă $s\ max = 1{,}5$.

Neadaptările sînt periculoase și în cazul emisiei și în cazul recepției.

Cînd impedanța antenei nu este egală cu a cablului, o parte din energia transmisă spre antenă se reflectă pe cablu înapoi, spre RT, atenuînd suplimentar unda directă. La atenuarea proprie a cablului se adaugă și efectul undei reflectate.

La fel se întîmplă și în cazul recepției, iar unda se reflectă la trecerea din antenă în cablu.

Cum poate exista neadaptarea și între RT și cablu fenomenul este cumulativ, iar coeficienții de neadaptare se însumează.

Atunci cînd se alege un cablu pentru RT se va ține seamă obligatoriu de impedanța RT și a antenei. De asemenea se va ține seama de atenuarea cablelor lungi care poate reduce raza de lucru a RTF.

Cînd lungimea cablului coaxial de legătură RT-antenă depășește 10—15 m se va utiliza cablu special cu diametru mare și ca-

pacitate mică (implicit atenuare mică). Eventual se fixează RTF lîngă antenă, pe un suport special.

6.9. Adaptarea și simetrizarea antenelor

Transferul maxim de energie de la RT la antenă se realizează respectînd adaptarea cît și simetria.

Antenele verticale $\frac{\lambda}{4}$ ale radiotelefoanelor fixe pot respecta aceste condiții deoarece, sînt asimetrice, iar cablele coaxiale sînt tot asimetrice. Impedanța antenei se poate aduce la valoarea impedanței cablului (50 ohmi sau 75 ohmi), acționînd asupra planului contragreutăților și numărului elementelor.

Antenele tip dipol linear sau dipol închis $\frac{\lambda}{2}$ sînt simetrice și nu pot fi conectate direct la cablul coaxial, deoarece o jumătate a antenei ar fi legată la firul central al cablului, iar cealaltă jumătate la tresă (pămînt artificial), perturbînd circulația curenților (și implicit sensibilitatea, directivitatea).

Sînt diferite metode de sistematizare și adaptare.

6.9.1. Simetrizarea dipolului liniar ($Z = 75$ ohmi) printr-o linie $\frac{\lambda}{4}$ în scurt circuit.

Se realizează conectînd la bornele antenei un segment de cablu ($\frac{\lambda}{4}$) în scurtcircuit. Tresa segmentului se conectează la firul central al cablului de antenă. Segmentul în scurtcircuit reflectă o impedanță mare $Z = \infty$ pentru curentul de radio frecvență, în schimb ambele brațe ale antenei sînt legate la pămînt (fig. 6.15).

6.9.2. Simetrizarea și adaptarea dipolului liniar (repliat $Z = 300$ ohmi), printr-o linie $\frac{\lambda}{2}$

Știind că $ZA = ZB = 150$ ohmi se conectează o linie K $\frac{\lambda}{2}$ între punctele A și B. Linia transferă ZB de 150 ohmi în punctul A punînd astfel în paralel pe ZA cu ZB (fig. 6.16).

Ca efect rezultă $Z = 75$ ohmi, egală cu impedanța cablurilor.

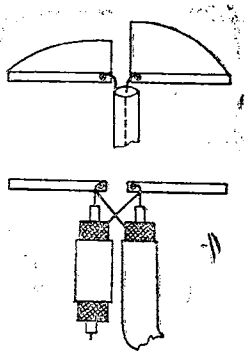


Fig. 6.15 Simetrizarea printr-o linie $\frac{\lambda}{4}$ în scurtcircuit.

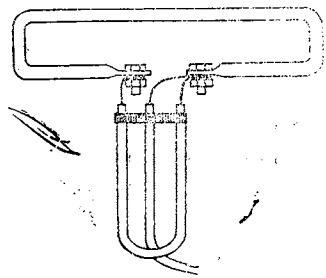


Fig. 6.16 Simetrizarea și adaptarea printr-o linie $\frac{\lambda}{2}$.

6.10. Întreținerea și verificarea antenelor

În afara întreruperii sau scurtcircuitării cablurilor de radiofrecvență, cît și întreruperii contactelor în mufele de conexiuni, pot apărea pierderi suplimentare de energie datorită slăbirii izolației dintre radiatorul antenelor $\frac{\lambda}{4}$ și masă.

Depunerea de praf de cărbune sau oxizi metalici, cît și crăparea materialului izolant dintre radiator și contragreutate poate provoca pierderi importante.

Antenele locomotivelor care circulă în medii cu praf sînt afectate de aceste depuneri. În mod deosebit este afectată antena semibuclă protejată, în carcasa de material plastic, pe care depunerile de praf de cărbune și oxizi metalici creează un ecran, care atenuează radiația de la RT.

Se preîntîmpină aceste efecte verificîndu-se și curățîndu-se periodic antenele. Izolația se măsoară cu un megohmetru de 100 V.

În timpul reparației antenelor RTP căldura ciocanului de lipit cît și decapantul afectează izolația acestor antene. Verificarea izolației antenelor RTP se poate executa cu un dispozitiv construit dintr-un convertor, care livrează cca. 100 V și o mufă de antenă înseriată cu un tub neon ce semnalizează eventualele pierderi de izolație. Pentru măsurarea impedanței antenelor și cablelor coa-

xiale se poate construi un mic impedanţmetru cu generator de zgomot, care lucrează suficient de bine pînă la 150 MHz.

Directivitatea şi raportul $\frac{F}{S}$ se apreciază cu un simplu indicator de cîmp realizat dintr-un dipol şi o diodă de detecţie.

Atît impedanţa cît şi directivitatea se măsoară în spaţii deschise fără cîmpuri perturbatoare.

Indicatorul de cîmp se plasează la distanţele $d > 10\ \lambda$ faţă de antenă.

Dispozitivele de mai sus sînt descrise pe larg în literatura radioamatorilor.

De asemenea se verifică dacă antena utilizată corespunde necesităţilor locului de muncă, ştiindu-se că distanţa de lucru a RT depinde de înălţimea, directivitatea şi cîştigul antenelor (fig. 6.17).

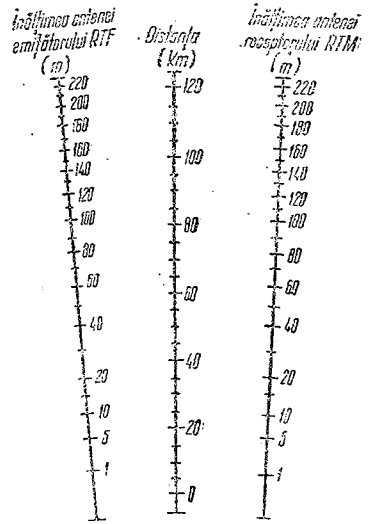


Fig. 6.17 Nomogramă pentru determinarea distanţei de lucru în limita orizontului optic (după Storno).

Nu trebuie uitat faptul că fiecare 3 dB cîştig al antenelor directive, echivalează cu dublarea puterii efective radiate. Din acest motiv puterea radiată a unui emiţător de 10 W echivalează cu 40 W, lucrînd prin antene cu cîştig de 6 dB sau cu 20 W în cazul antenelor cu cîştig de 3 dB şi numai cu 10 W în cazul antenelor cu cîştig unitar.

Bineînţeles că antenele cu cîştig mare nu sînt eficiente în cazul traficului local, ominidirecţional (fig. 18 *a* şi *b*).

Buna propagare în limita orizontului optic se asigură prin înălțime (vizibilitate directă între antene) și mai puțin prin mărirea puterii.

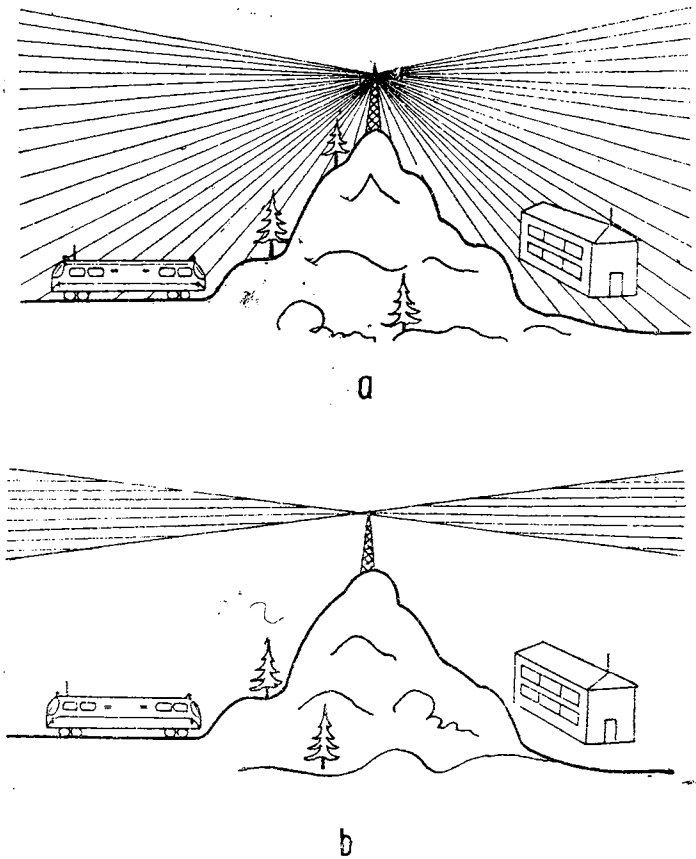


Fig. 6.18: a — radiația antenei omnidirecționale cu cîștig unitar ; b — radiația antenei cu cîștig mare.

De asemenea distanța de lucru în zona de semiumbră depinde mai mult de banda frecvențelor de lucru, decît de putere, deoarece frecvențele inferioare 30—80 MHz, au difracție mai pronunțată decît frecvențele superioare, 160—450 MHz (fig. 6.19).

Creşterea puterii emiţătorului de circa 10 ori, măreşte distanţa de lucru doar cu 50%.

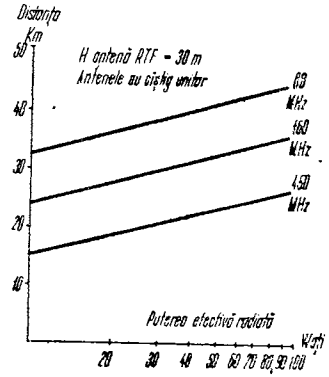


Fig. 6.19 Distanţa de lucru între un RTF şi un RTM, în funcţie de frecvenţă şi puterea efectivă radiată (după Storno).

7. ALIMENTAREA RADIOTELEFOANELOR

Alimentarea radiotelefoanelor cu energie electrică se realizează diferențiat, în funcție de tipul aparatelor. Astfel radiotelefoanele fixe, care necesită curenți mari pentru emițătorul de mare putere, cît și pentru etajul final de joasă frecvență, din receptor, folosesc ca sursă de alimentare rețeaua de 220 V. Din același motiv, radiotelefoanele mobile de pe mijloacele de tracțiune auto sau feroviare se alimentează din bateriile de 6 V, 12 V sau 24 V și mare capacitate, existente pe aceste mijloace. Radiotelefoanele portabile, în schimb, au sursă de alimentare proprie realizată sub forma unor baterii cu elemente alcaline de tipul Cd—Ni, capsulate. Bineînțeles că aceste baterii se reîncarcă ciclic cu ajutorul unor dispozitive speciale, numite încărcătoare.

7.1. Alimentarea radiotelefoanelor fixe — RTF

Tranzistorizarea integrală a radiotelefoanelor moderne a simplificat mult și problema alimentării lor.

Ca efect, radiotelefoanele mobile cît și unele radiotelefoane fixe pot lucra cu una din tensiunile minime de 6 V, 12 V sau 24 V, normalizate în funcție de bateriile mijloacelor auto.

Spre exemplificare arătăm că unitatea de emisie-recepție din radiotelefonul mobil românesc tip RTM-4 MF-S este aceeași și în radiotelefonul fix RTF-4 MF-S.

Fiindcă tranzistoarele din anumite etaje necesită tensiuni mai ridicate (de exemplu —25 V pentru etajul final al emițătorului din RTM și —18 V pentru etajele de mică putere din RTM), acestea

se obțin, prin intermediul unui convertor static existent în fiecare radiotelefon fix sau mobil.

Convertorul se alimentează cu una din tensiunile de 6 V, 12 V sau 24 V și livrează la ieșiri (direct în etajele emițătorului-receptorului), tensiunile necesare tranzistoarelor. În mod obișnuit radiotelefoanele fixe utilizează redresoare cu ajutorul cărora se obține una din tensiunile de 6 V, 12 V sau 24 V cc. din rețeaua de 220 V c. a.

7.1.1. Alimentarea RTF din rețeaua de 220 V cu redresor

Se folosește un redresor compus dintr-un transformator coborîtor de tensiune, alimentat din rețeaua de 220 V, o punte de redresare și o celulă de filtraj suficient de puternică pentru curentul mare pe care îl ia emițătorul în lucru.

Datorită capacității filtrului și rezistenței interne a redresorului, la bornele radiotelefonului apar variații de tensiune în timpul trecerii radiotelefonului din emisie în recepție și invers.

Acest fenomen se reduce alimentînd radiotelefoanele fixe cu tensiunea de 24 V. De exemplu : curentul de 3,7 A necesar emițătorului și 0,7 A necesar receptorului RTF-4 MF-S alimentat dintr-o sursă de 12 V, se reduce la 1,7 A și 0,3 A alimentînd același aparat dintr-o sursă de 24 A.

Soluția se aplică și la aparatele RTF tip IEMI (fig. 7.1).

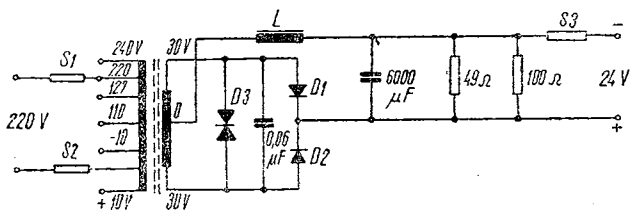


Fig. 7.1 Schema redresorului pentru RTF tip IEMI.

Redresorul IEMI furnizează o tensiune aproximativ constantă. Dioda D3 limitatoare, protejează circuitele împotriva supratensiunilor.

7.1.2. Alimentarea RTF din redresor în tampon cu acumulator

Acumulatorul, de obicei tip auto, asigură filtrajul suplimentar, preluînd și variațiile de tensiune ce apar la bornele radiotelefonului alimentat din redresor fără acumulator.

Soluția este comodă, deoarece oferă avantajul funcționării radiotelefonului în cazul întreruperii tensiunii de 220 V c. a.

De asemenea permite alimentarea RTF și cu tensiunea de 12 V, folosindu-se un redresor cu celulă de filtraj mai slabă.

Prezintă în schimb dezavantajul că, acumulatorului în tampon nesupravegheat nu i se poate asigura tensiunea normală de încărcare cuprinsă între 2,1 — 2,75 V/element, deoarece în cazul întreruperii conexiunii redresor-acumulator, s-ar aplica radiotelefonului tensiunea maximă de 16,5 V (2,75 V × 6 elemente), în loc de 12,6 V pentru cît este reglat, distrugînd aparatul.

În practică se lucrează în regim de *tampon permanent cu subîncărcare*, astfel încît tensiunea la bornele bateriei să nu depășească 2,1 — 2,2 V/element sau maxim 13,2 V la bornele radiotelefonului, în cazul întreruperii legăturii redresor-acumulator.

În acest regim, acumulatorul, se încarcă cu curentul mediu consumat de RT în 24 ore *(ImRT)* plus curentul de menținere *Im* necesar pentru compensarea autodescărcării și descărcării suplimentare care apare în timpul unor mici variații a rezistenței de sarcină *(Ir = ImRT + Im)*. Radiotelefonul primește curentul necesar emițătorului din redresor și din baterie care se reîncarcă în timpul recepției.

Curentul de menținere se poate aproxima cu relația empirică :

$$Im = 0{,}85\frac{Cn}{1000}$$

în care *Cn* este capacitatea nominală a acumulatorului în Ah.

La darea în funcție a echipamentelor se măsoară obligatoriu *Ir* curentul debitat de redresor în repaus, cît și curentul furnizat emițătorului RT de redresor și baterie.

În acest scop se montează un ampermetru pe circuitul redresorului, iar alt ampermetru pe circuitul RT.

Se preîntîmpină sulfatarea acumulatoarelor utilizate în acest regim măsurînd și reglînd periodic curentul de menținere și densitatea. Conform normelor tehnice se regenerează lunar prin patru cicluri încărcare-descărcare. În acest scop acumulatoarele se încarcă separat pînă la tensiunea maximă și apoi se descarcă pînă la

tensiunea minimă de 1,8 V/element, prin rezistențe speciale cu curentul nominal $\frac{1}{10}$ Cn.

Odată cu descărcarea se măsoară și capacitatea descărcînd acumulatorul pînă la 1,8 V/element.

Deoarece atunci cînd se întrerupe tensiunea de 220 V pentru mai mult timp RT se alimentează din acumulator, iar curentul de menținere nu poate asigura reîncărcarea normală a acumulatorului (după ce revine tensiunea în rețeaua de 220 V), este obligatoriu schimbarea acumulatorului respectiv și reîncărcarea lui la o sursă separată.

La acest regim de lucru, atît radiotelefonul cît și redresorul se conectează la acumulator, prin fișe separate, astfel încît niciodată să nu poată rămîne fișele radiotelefonului conectate direct la fișele redresorului.

7.1.3. Alimentarea RTF din rețeaua de 220 V prin redresor stabilizat

Utilizînd un redresor stabilizat, radiotelefoanele se pot alimenta direct din rețea cu tensiunea de 6 V, 12 V sau 24 V, evitîndu-se perturbațiile provocate de variația sarcinii sau tensiunii de alimentare.

Fiindcă apare dezavantajul întreruperii funcționării RT, în cazul căderii rețelei de 220 V c. a., se poate utiliza un acumulator și în acest caz.

7.2. Alimentarea radiotelefoanelor mobile — RTM

Întrucît se folosește ca sursă de alimentare, bateria de acumulatoare a vehiculului, instalația se execută ținînd seama de polaritatea bateriei față de masă. Siguranțele se conectează pe circuitul polului izolat de masă.

7.3. Alimentarea radiotelefoanelor portabile

Acumulatoarele alcaline Cd-Ni au cea mai largă utilizare în tehnica electroalimentării radiotelefoanelor datorită faptului că

sînt mai ușoare, iar în timpul exploatării prezintă caracteristici electrice aproximativ constante. Ținînd seama de faptul că sînt foarte costisitoare, trebuie cunoscute cît mai bine pentru a li se asigura o viață lungă.

7.3.1. Principiul de funcționare al acumulatorului alcalin

Principial, un acumulator alcalin este format dintr-un vas cu soluție de hidroxid de potasiu (KOH) în care se introduc doi electrozi. Un electrod, construit din hidroxid de nichel — $2\,Ni(OH)_2$ — este polul pozitiv, iar celălalt construit din hidroxid de fier — $Fe(OH)_2$ — la acumulatorul Fe-Ni sau din hidroxid de cadmiu — $Cd(OH)_2$ — este polul negativ.

În principiu, la încărcarea unui acumulator Cd-Ni, în prezența curentului electric și soluției de hidroxid de potasiu, hidroxidul de cadmiu se reduce sub forma de cadmiu metalic, iar hidroxidul de nichel se transformă în hidroxid superior. Electrolitul cu densitatea de 1,18 ... 1,21 (1,20 la 20°C) nu-și schimbă concentrația, deoarece la un electrod se descompune, iar la altul se recompune.

$$2Ni(OH)_2 + KOH + Cd(OH)_2 \underset{\text{Desc.}}{\overset{\text{Inc.}}{\rightleftarrows}} 2Ni(OH)_3 + KOH + Cd$$

Acumulatoarele alcaline pot fi deschise, capsulate sau semicapsulate. În radiotelefonie se utilizează acumulatoare capsulate, pentru a permite lucrul aparatelor în orice poziție sau loc de muncă, fără a exista pericolul vărsării electrolitului peste circuitele electronice sau peste oameni.

Spre deosebire de acumulatoarele mai vechi construite cu plăci pastate sau presate, acumulatoarele moderne utilizează plăci sinterizate cu mare porozitate (pentru a fi pătrunse de electrolit).

La asemenea acumulatoare densitatea de curent atinge $150 \frac{mA}{cm^2}$ și chiar $300 \frac{mA}{cm^2}$ pentru intervale de timp scurte.

Se mărește rezistența mecanică a electrozilor executînd sinterizarea pe o plasă de alamă sau oțel nichelat și se coboară punctul de funcționare la —15°C, introducînd în electrolit și hidroxid de litiu.

Forța electromotoare (E). Diferența de potențial măsurată la bornele acumulatorului în circuit deschis este forța electromotoare.

Variația tensiunii la bornele acumulatorului în timpul încărcării sau descărcării se reprezintă sub forma curbelor de încărcare-descărcare (fig. 7.2 *a* și *b*).

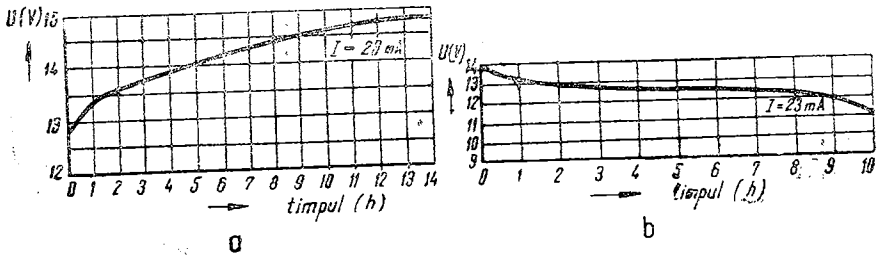


Fig. 7.2. : a — caracteristica de încărcare a acumulatorului Cd-Ni capsulat ; b — caracteristica de descărcare a acumulatorului Cd-Ni capsulat.

Acumulatoarele Cd-Ni au curba de descărcare mai constantă decît acele Fe-Ni, valoarea reală a tensiunii fiind cuprinsă între 1,2 — 1,25 V.

Rezistența electrică interioară (r). Reprezintă însumarea rezistențelor electrice parțiale ale plăcilor, separatoarelor, electrolitului și conexiunilor. Fiind foarte mică se neglijează la curenți mici.

Fiindcă primele acumulatoare alcaline au avut rezistența interioară mai mare (0,003 ohmi), decît a acelora cu plumb (0,0016 ohmi), utilizarea lor a fost restrînsă.

Acumulatoarele cu plăci sinterizate au performanțe apropiate de a acumulatoarelor cu plumb.

Rezistența internă se micșorează cu creșterea temperaturii.

Capacitatea *(C).* Este definită prin cantitatea de electricitate pe care o poate asigura acumulatorul în anumite condiții de descărcare. Este întîlnită sub numele de capacitate nominală *(Cn),* pe care o poate asigura acumulatorul după o descărcare integrală în anumit regim sau capacitate de exploatare *(Ce)* pe care o poate da acumulatorul, descărcat între anumite limite. La acumulatoarele alcaline, capacitatea de exploatare este mai mică decît capacitatea nominală. În literatura acumulatoarelor Cd-Ni capsulate, capacita-

tea de exploatare este de obicei considerată și capacitate nominală, folosindu-se un singur termen *Cn*.

Capacitatea scade cu temperatura. Astfel la —15°C acumulatoarele cu plumb păstrează o capacitate reală de 43% *Cn*, iar acumulatoarele Fe-Ni numai 15,8% *Cn*. La aceeași temperatură acumulatoarele Cd-Ni păstrează 74,5% *Cn*. Se calculează cu relația: $C = I_{desc.} \cdot t_{desc.}$, în care $I_{desc.}$ ($I = \frac{1}{10}\ Cn$) este curentul nominal de descărcare, iar $t_{desc.}$ este timpul în care tensiunea acumulatorului ajunge la valoarea minimă prescrisă (1,1 V la acumulatoarele Cd-Ni).

Randamentul (η). Se exprimă prin raportul dintre cantitatea de electricitate restituită și cea primită $\eta = \frac{C_{desc.}}{C_{inc.}} = \frac{I_{desc.} \cdot t_{desc.}}{I_{inc.} \cdot t_{inc.}}$%.

Acumulatoarele Cd-Ni au $\eta = 75$—80%.

Randamentul se mărește atunci cînd încărcarea se face într-un timp mare, cu curent mic, sau la descărcări parțiale a acumulatoarelor.

Astfel dacă pentru o descărcare integrală un acumulator are randamentul $\eta = 71\%$, pentru descărcare numai de 80%, η ajunge la 86%, iar pentru o descărcare de 50% η ajunge 93%.

Factorul de încărcare ($\frac{1}{\eta}$). Reprezintă raportul dintre cantitatea de electricitate primită de un acumulator și cantitatea restituită.

$$\frac{1}{\eta} = \frac{C_{inc.}}{C_{desc.}}$$

Autodescărcarea. Descărcarea lentă (chiar și în stare de repaus), datorită proceselor electrochimice permanente se numește autodescărcare. Crește cu temperatura și depinde de construcția acumulatorului. Autodescărcarea produce scăderea capacității acumulatoarelor Cd-Ni capsulate cu 10—20% lunar. Este mai intensă la temperaturi mai mari de 20°C.

Durata de serviciu. Reprezintă timpul în care acumulatorul poate funcționa normal, ca sursă chimică de energie electrică.

Obișnuit se definește prin numărul de cicluri încărcare-descărcare (cca. 500 la acumulatoarele Cd-Ni capsulate).

Depinde de construcția și condițiile de exploatare a acumulatorului, adică de temperatura de lucru, curentul de încărcare și descărcare, de durata supraîncărcării, profunzimea de descărcare etc. *Dacă, de exemplu un acumulator Cd-Ni poate fi folosit normal*

cca. 500 cicluri la descărcare cu profunzimea 100%, poate fi folosit și 1 000 cicluri, la descărcare cu profunzimea de numai 50%.

Profunzimea de descărcare este reprezentată prin raportul = $\frac{\text{Capacitatea descărcată}}{\text{Capacitatea nominală}}$.

7.3.3. Construcția acumulatoarelor Cd-Ni capsulate

Se construiesc sub formă de pastilă (disc, buton) sau sub formă cilindrică.

Astfel un element tip pastilă este format dintr-un corp cu capac din oțel nichelat, în interiorul căruia se află cei doi electrozi sub forma unor discuri (fig. 7.3).

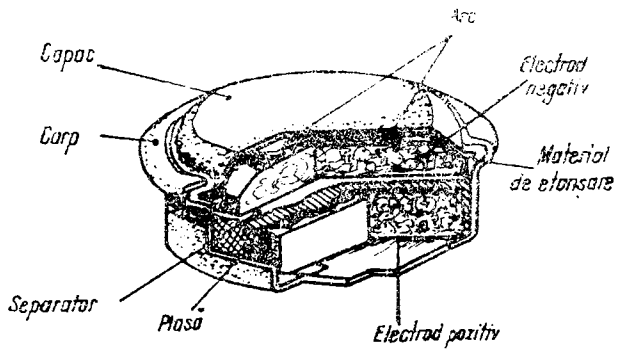


Fig. 7.3 Construcția acumulatorului Cd-Ni capsulat tip pastilă.

Între electrodul pozitiv (din hidroxid de nichel) și cel negativ (din hidroxid de cadmiu) se găsește separatorul realizat dintr-o țesătură subțire de 0,08—0,25 mm din fibre sintetice.

Electrolitul (KOH) are un adaos de hidroxid de litiu. Separatorul asigură o rezistență internă mică și o bună circulație a gazelor.

Ermetizarea se realizează printr-o garnitură izolantă care separă din punct de vedere electric polul negativ, constituit din capac, față de polul pozitiv constituit de corpul capsulei.

Electrozii se mențin apropiați cu ajutorul unui arc sprijinit în capac. Electrozii acumulatorului cilindric din RT tip VXW 100 au amplasamentul din figura 7.4.

Deoarece în timpul încărcării şi descărcării apar gaze, ermetizarea ridică probleme grele de exploatare. Aceste gaze sînt periculoase, mai ales la supraîncărcare (încărcarea peste durata normală), deoarece, masele active nu mai reacţionează, apărînd gaze: oxigen la electrodul pozitiv şi hidrogen la electrodul negativ. Atunci cînd gazele ajung în proporţia gazului detonant, capsula acumulatorului exploadează.

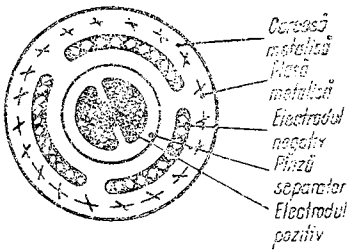


Fig. 7.4 Construcţia acumulatorului Cd-Ni cilindric pentru RT VXW-100.

Gazele sînt absorbite lent, în cazul încărcării şi descărcării normale. Din acest motiv curentul de încărcare se limitează la maximum $I = \frac{1}{10} Cn$.

Se menţionează că şi la curenţi mici presiunea gazelor în capsule poate atinge 3—5 atmosfere. Încărcarea normală se realizează la temperatura de cca. +20°C.

Acumulatoarele Cd-Ni clasice sînt construite pentru descărcarea lentă, deoarece creşterea curentului la descărcare reduce capacitatea acumulatorului.

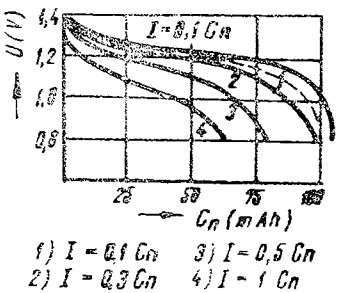


Fig. 7.5. Variaţia capacităţii în funcţie de curentul de descărcare.

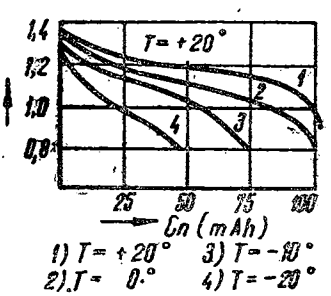


Fig. 7.6 Variaţia capacităţii cu temperatura pentru curentul de descărcare I = 0,3 C.

Din figura 7.5 reiese că dacă acumulatorul debitează un curent $I = 1 \cdot Cn$, capacitatea scade sub 30%, iar tensiunea la 1,1 V.

Capacitatea nominală este obținută la temperatura de 20°C. La —20°C, capacitatea unui acumulator Cd-Ni obișnuit descărcat cu $I = 0{,}3\,Cn$ scade sub 30%, în cazul tensiunii limită de 1 V (fig. 7.6).

7.3.4. Tipuri de acumulatoare Cd-Ni uzuale

Acumulatoarele Cd-Ni capsulate se grupează în baterii construite după necesitățile de tensiune și curent a aparatelor electronice.

În tabelul 7.1 se prezintă acumulatoarele capsulate Cd-Ni utilizate în radiotelefoanele cu mai mare răspîndire în țara noastră.

Tabelul 7.1

Acumulatoare Cd-Ni capsulate

Tipul	Capacitatea Ah	$U_{inc.}$ V	$(\frac{1}{10}Cn)$ $I_{inc.}$ mA	Timpul mediu de încărcare ore	$I_{desc.}$ mA	Tensiunea limită de descărcare	Durata de serviciu cicluri	Format	Fabricat în
Elemente UFT	0,225	1,2—1,5	22,5	14	22,5	1,1	300	Disc	RDG
Elemente Bu 500	0,225	1,2—1,5	22,5	14	22,5	1,1	500	Disc	Storno
Elemente VXW 100	0,900	1,2—1,5	90	16	90	1,1	500	Cilindric	Tesla

Capacitatea de 225 mA la bateria UFT (formată din 6 elemente) corespunde temperaturii de utilizare +20°C deoarece la —15°C, capacitatea scade la 60% *Cn* iar la —20°C ajunge la 30% *Cn*. Autodescărcarea acelorași baterii este de cca. 1% zilnic fapt pentru care la cca. 2 luni de depozitare trebuie reîncărcate.

Capacitatea bateriilor BU 500 scade la 50% *Cn* cînd temperatura atinge —20°C. De remarcat că pentru toate bateriile tensiunea limită de descărcare normală este de 1,1 V. Sub 1 V/element poate avea loc repolarizarea elementelor și distrugerea bateriilor.

Timpul de încărcare real al bateriilor se stabileşte în funcţie de profunzimea descărcării.

7.3.5. Acumulatoarele Cd-Ni speciale

Urmărindu-se obţinerea unor acumulatoare cu rezistenţă interioară foarte mică şi capacitate mare, în ultimii ani s-au construit acumulatoare cu caracteristici mult îmbunătăţite.

Printre acestea sînt noile acumulatoare capsulate tip Voltabloc (SAFT Franţa), utilizate în radiotelefoanele IEMI (VR 0,5 AA). Electrozii acestor acumulatoare sînt construiţi din plăci sinterizate, foarte subţiri (sub 1 mm) izolate între ele printr-un separator din fibre sintetice (fig. 7.7). Plăcile spiralate şi separatorul sînt înfă-

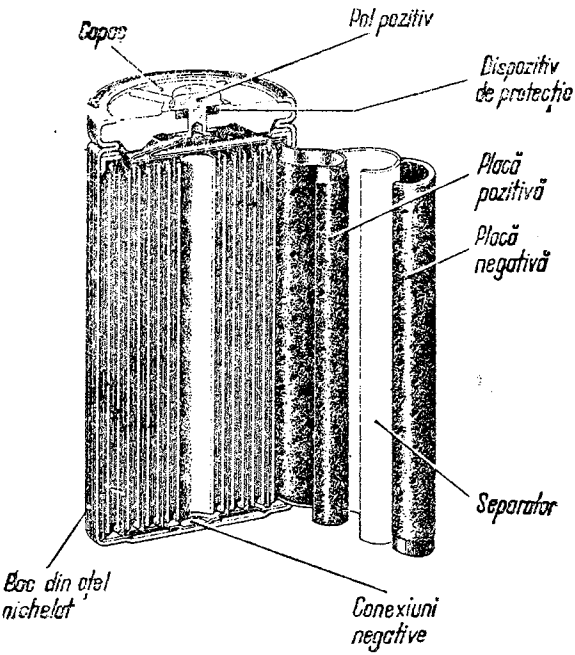


Fig. 7.7 Construcţia acumulatorului Cd - Ni tip VR

şurate sub forma unui sul care se introduce într-un vas cilindric din oţel nichelat. Bacul este etanşat printr-un capac din material plastic dotat cu un dispozitiv reversibil de securitate (o supapă). Ca şi la alte tipuri de acumulatoare separatorul joacă rolul de izolant electric şi de rezervor de electrolit.

Deoarece materialele active (hidroxidul de nichel și de cadmiu) sînt introduse în masa electrozilor sinterizați (cu mare porozitate) pe cale chimică, se elimină riscul descompunerii lor, în cazul unor curenți mari.

Acumulatorii cilindrici de acest tip aparțin seriei VR—E pentru utilizarea în electronica curentă și VR—S pentru utilizarea în tehnica spațială. Se deosebesc de acumulatoarele pastilă (sau buton) din seria VB, care au construcția asemănătoare cu tipurile descrise anterior.

Există de asemenea și o serie VX, cu format asemănător tipului VR, dar care suportă regimuri de supraîncărcare mari necontrolate, cît și seriile VO și VF paralelipipedice.

Așa cum reiese din prescripțiile fabricii, acumulatoarele VR oferă următoarele performanțe :

— capacitate mare și rezistență interioară foarte mică ;

— posibilități de încărcare variate (tabelul 7.2).

Tabelul 7.2

Posibilități de încărcare a acumulatoarelor VR (serii noi) și VX

Tipul	Felul încărcării și curentul I	Durata	Starea de descărcare	Capacitatea recuperată prin încărcare	Posibilitatea de supraîncărcare continuă
VR	Normală $0{,}1\ C_5A$	14 ore	Oarecare	100%	20 000 ore
VR	Accelerată $0{,}4\ C_5A$ sau $0{,}2\ C_5A$	3 sau 7 ore	Oarecare	100%	10 zile
VR	Rapidă $4\ C_5A$ sau C_5A	15 sau 60 minute	Oarecare	80—100%	Nu
VR	Ultrarapidă	1 sau 3 minute	Complet descărcate	20—40%	Nu
VX	Rapidă necontrolată	30 sau 60 minute	Oarecare	100%	Cîteva zile

Încărcînd de exemplu VR 0,5 AA timp de 1 minut cu 12 A se obține $C = 125$ mAh. Încărcîndu-l în 3 minute cu 5 A se obține $C = 200$ mAh. Datorită dispozitivului de siguranță reversibil care

intră în acțiune, în cazul creșterii presiunii gazelor, acumulatorul este protejat.

— durata de funcționare mare, asigurînd 500 cicluri încărcare-descărcare pentru profunzimea de descărcare de 100% și 2 000 cicluri pentru profunzimea de 50% ;

— posibilitatea de lucru între —40°C și +50°C ;

— durata de depozitare nelimitată (cu încărcări periodice). După 30 zile de păstrare în stare încărcat un acumulator VR poate restitui 80% C_n la 5 ore descărcare ;

— format exterior și dimensiuni normalizate potrivit standardelor internaționale, asemănătoare pilelor uscate, pe care le pot înlocui în unele aparate electronice.

Caracteristicile acestor acumulatoare reies din tabelul 7.3.

Tabelul 7.3

Caracteristicile acumulatoarelor VR

Tipul	Formatul pilei corespondente	Capacitatea C 5 Ah	Greutatea g	Dimensiunile	
				înălțimea (mm)	Diametrul (mm)
VR 0,45 A 1/2 A	—	0,45	21	28,1	17,3
VR 0,5 AA	*R* 6	0,5	24	50,2	14,5
VR 1,8 C	*R* 14	1,8	77	49,7	25,9
VR 2,5 2/2 D	—	2,5	105	43,5	32,3
VR 4 D	*R* 20	4,0	150	60,5	32,9

În documentația tehnică SAFT, capacitatea nominală a acestor acumulatoare este notată cu C_5. Aceasta reprezintă capacitatea restituită după o descărcare de 5 ore, cu curentul 0,2 C_5A ($I = \frac{C}{5}$) pînă la tensiunea limită de 1,1 V.

Tensiunea nominală este 1,2 V iar factorul de încărcare 1,4 pentru încărcări normale cu curent 0,1 C_5 A.

Acumulatoarele VR se pot descărca și cu un curent de 5 C_5 A sau chiar 10 C_5 A, pentru scurt timp. Aceasta înseamnă că un acumulator VR 0,5 AA (capacitatea 0,5 Ah) poate debita 2,5 A timp de cîteva minute și 5 A pentru cîteva secunde.

Curbele din figura 7.8 indică pierderea capacității în funcție de curentul de descărcare la acumulatorul VR—0,5 AA, iar curbele din figura 7.9 prezintă modul de variație a capacității cu temperatura.

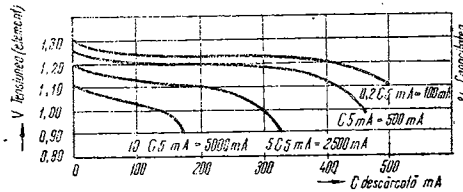


Fig. 7.8 Variația capacității acumulatorului VR 0,5 AA în funcție de curentul de descărcare.

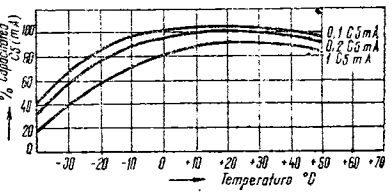


Fig. 7.9 Variația capacității acumulatorului VR în funcție de temperatura și curentul de descărcare.

Acumulatoarele VR 0,5 AA se încarcă cu curentul constant 0,1 C_5 A (50 mA) timp de 14 ore, indiferent de starea de încărcare inițială, a acumulatorului (deoarece suportă supraîncărcări) sau cu curentul 0,2 C_5 A (100 mA), timp de 7 ore, în cazul acumulatoarelor descărcate pînă la 1,1 V/element.

Pentru încărcare se folosesc încărcătorii IART furnizați de IEMI București.

Încărcarea rapidă și ultrarapidă se execută numai cu încărcătoare speciale dotate cu dispozitive de control a tensiunii și temperaturii acumulatoarelor și cu ajutorul cărora și întrerupe automat încărcarea.

Fiindcă descărcările cu curent mare și reîncărcările rapide sau ultrarapide sînt dăunătoare, reducînd capacitatea acumulatoarelor în tehnica radiotelefoniei actuale, nu sînt indicate.

7.3.6. **Încărcarea acumulatoarelor capsulate Cd-Ni**

Acumulatoarele electrice de acest tip se încarcă fie prin metoda cu curent constant, fie prin metoda cu tensiune constantă. Eventual se folosesc și combinații ale acestor două metode de bază.

Metoda cu curent constant se realizează introducînd în circuitul de încărcare rezistențe de sarcină care mențin curentul aproximativ constant.

Metoda este avantajoasă pentru acumulatoarele Cd-Ni capsulate deoarece curentul de încărcare se poate stabili la valoarea

$\frac{1}{10}$ Cn, prescrisă acestor acumulatoare spre a nu se încălzi și produce gaze sau explozii.

Oferă și avantajul că permite măsurarea numărului de amperiore cu care se încarcă acumulatorul și din acest motiv se folosește obligatoriu atunci cînd se măsoară capacitatea, randamentul sau autodescărcarea etc.

Încărcătoarele livrate de uzinele producătoare de radiotelefoane lucrează pe baza acestei metode.

Metoda cu tensiune constantă se folosește menținînd constantă tensiunea sursei de încărcare printr-un reglaj automat (stabilizare).

Are avantajul că atunci cînd tensiunea plăcilor acumulatorului ce se încarcă ajunge la valoarea tensiunii stabilizatorului, din punct de vedere teoretic încărcarea se oprește, fapt pentru care supravegherea este mai redusă. În schimb curentul de încărcare este mare la început și redus pe măsură ce acumulatorul se încarcă (fig. 7.10).

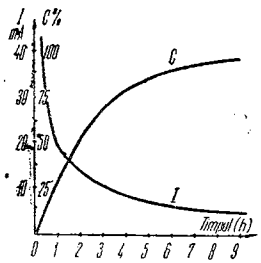


Fig. 7.10 Încărcarea unui acumulator cu tensiunea constantă.

Primul efect al metodei este că în primele ore ale încărcării se depășește curentul normal de încărcare al unei baterii complet descărcate.

Deoarece tensiunea constantă de încărcare are valoarea redusă cît mai apropiată de tensiunea nominală a bateriei (spre a se evita supraîncărcarea), această metodă nu permite încărcarea completă a unei baterii, cu factorul de încărcare caracteristic (1,4—1,6). Metoda permite încărcarea în proporție de 100% C în loc de 140 — 160% C cît necesită o baterie Cd - Ni complet descărcată. Ca efect bateriile pot fi incomplet încărcate în mod permanent și-și pierd în timp capacitatea.

Menținerea unui curent final de încărcare mai ridicat poate avea consecințe nedorite.

7.3.7. Dispozitive uzuale pentru încărcarea acumulatoarelor Cd-Ni

Pentru încărcarea bateriilor radiotelefoanelor portabile, fabricile livrează încărcătoare speciale.

Din punct de vedere constructiv acestea au o schemă asemănătoare, majoritatea permiţînd încărcarea cu curent constant, un anumit număr de ore (de înainte stabilit), după expirarea căruia mecanismul de orologiu întrerupe circuitul de încărcare.

Încărcătorul VYN 101

Acesta permite încărcarea a 10 baterii QN 73402 cu elemente cilindrice Cd-Ni 900 sau 10 baterii cu pastile Cd-Ni 225.

Curentul de încărcare este de 90 mA la Cd-Ni 900 şi 22 mA la Cd-Ni 225 (fig. 7.11).

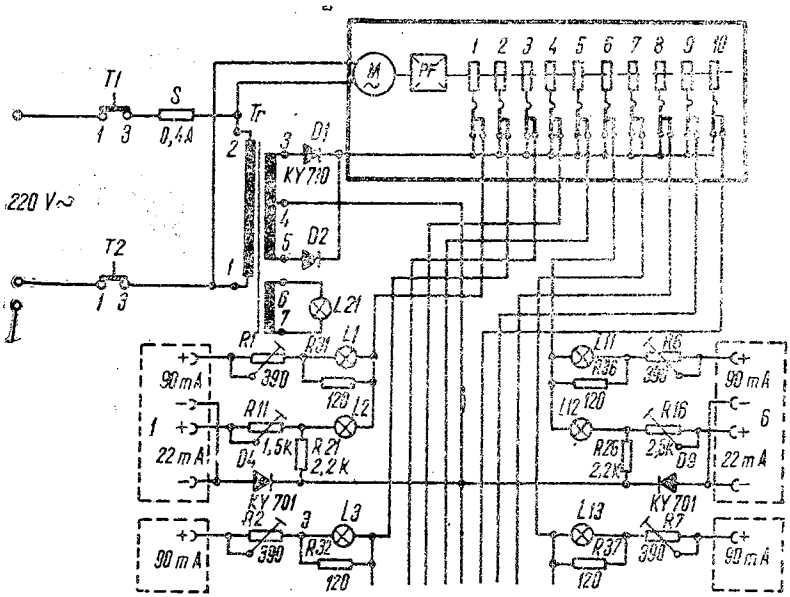


Fig. 7.11 Încărcătorul VYN 101.

Circuitul de încărcare a celor două tipuri de baterii este protejat prin cîte o lampă de 6 V şi 0,05 A, o rezistenţă semivariabilă şi cîte o diodă care evită descărcarea bateriei.

Lampa din circuitul de 90 mA este şuntată prin cîte o rezistenţă.

Circuitul polarităţii plus este comandat de cîte un întrerupător ce poate fi acţionat de un disc gradat cu 16 diviziuni pentru 16 ore.

Un electromotor cu demultiplicare roteşte axul cu cele 10 discuri gradate.

Se evită alimentarea încărcătorului atunci cînd este deschisă uşa sa, prin două contactoare mecanice *T1* şi *T2* acţionate de uşă.

Încărcătorul individual VYN 005

Acest aparat este destinat pentru încărcarea individuală a acumulatorului Cd-Ni 900 (fig. 7.12).

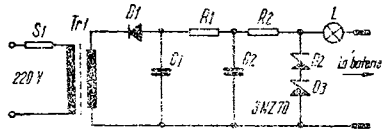


Fig. 7.12 Încărcătorul individual VYN 005.

Se compune dintr-un redresor, în circuitul căruia se introduce acumulatorul de încărcat. Curentul este limitat prin două rezistenţe şi o lampă, iar tensiunea de încărcare se menţine constantă prin două diode Zener.

Tensiunea de gol este de 18—22 V.

Încărcătorul VYN 005 poate fi montat la radiotelefon simultan cu bateria pentru exploatare în tampon.

Deoarece nu are mecanism de orologiu, după 16 ore de încărcare a bateriei, se întrerupe funcţionarea sa (manual).

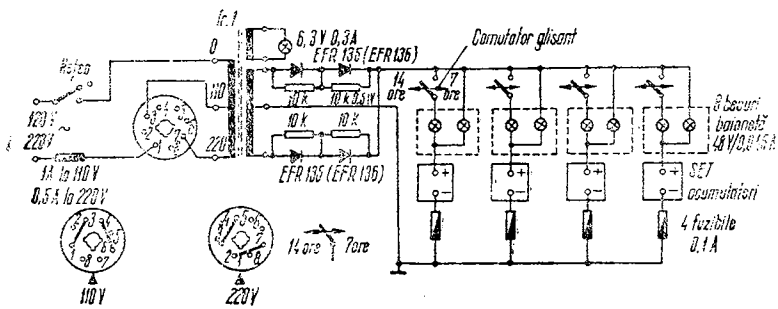


Fig. 7.13 Încărcătorul IART 1 pentru RTP IEMI.

Verificarea curentului de 90 mA pentru încărcare se face conectînd la bornele sale o rezistență de 168 ohmi.

Încărcătorul IART (fig. 7.13)

Are o construcție simplă fără temporizare. Prin comutatoarele glisate se asigură încărcarea bateriilor în 14 ore cu 50 mA sau în 7 ore cu 100 mA.

7.3.8. Exploatarea acumulatoarelor capsulate

Prin capsularea acestor acumulatoare se exclud operațiile de verificare a electrozilor și electrolitului. În același timp se reduc și posibilitățile de verificare vizuală a stării bateriilor.

Păstrarea bateriilor neutilizate se face în stare încărcată, în încăperi uscate răcoroase, cu temperatură constantă (între +10 și +20°C).

Bateriile nefolosite se reîncarcă obligatoriu la 3—5 luni, pe baza unei evidențe întocmite în acest scop.

Încărcarea se execută lent la 20°C cu curentul $I=\frac{1}{10}Cn$, prin încărcătoare speciale, respectîndu-se factorul de încărcare 1,4 sau 1,6 specific fiecărui tip de acumulator. Fiindcă supraîncărcarea le poate distruge, timpul de încărcare se va stabili cît mai corect.

Înainte de încărcare se verifică dacă acumulatorul este descărcat folosindu-se fie lampa de sarcină a radiotelefoanelor (CQP 500, UFT 422 și UXW 100) fie un voltmetru conectat în paralel cu o rezistență de sarcină sau un dispozitiv universal construit în mod special.

Durata normală de încărcare a bateriilor se stabilește pe baza unei evidențe în care se notează zilnic ora punerii în exploatare și ora scoaterii din exploatare a bateriei respective. Aplicîndu-se factorul de încărcare la durata de descărcare ce reiese din evidență, se află durata de încărcare.

Bateriile a căror durată de folosire efectivă nu se cunoaște, se pot descărca, pe o rezistență de sarcină care consumă cît emițătorul, pînă la tensiunea de 1,1 V/element și apoi, se încărcă cu durata normală, prescrisă bateriei complet descărcată.

Operația se simplifică utilizînd dispozitive electronice de supraveghere a tensiunii și care opresc automat descărcarea, în momentul atingerii tensiunii de 1,1 V. Eventual se supraveghează încărcarea.

Deşi caracteristica de încărcare $U = f(t)$ la acumulatoarele Cd-Ni capsulate depinde de temperatură şi nu prezintă creşteri pronunţate, care să permită aprecierea stării de încărcare, a unui singur element pe baza măsurătorilor de tensiune, uneori se utilizează cu rezultate aproximative la baterii de 10—11 elemente.

Pentru aceasta se ridică caracteristica pentru cîteva baterii dintr-un anumit lot, notînd în abcisă timpul (din oră în oră), iar în ordonată tensiunea (din 0,1 în 0,1 V).

Măsurînd tensiunea bateriei ce se încarcă şi comparînd-o cu valorile caracteristicei de încărcare se stabileşte timpul aproximativ de încărcare. Tensiunea bateriilor se măsoară obligatoriu la aceeaşi temperatură şi pe aceeaşi rezistenţă de sarcină.

Această metodă este recomandată de documentaţia SAFT pentru acumulatorul semideschis tip VOK, a cărui caracteristică de încărcare are un salt de la 1,4 la 1,6 V.

În acest caz, cînd tensiunea acumulatorului atinge 1,5 V se indică a mai fi încărcat, încă patru ore.

Cu rezultate aproximative se mai utilizează şi caracteristica de tensiune în funcţie de capacitate (fig. 7.14).

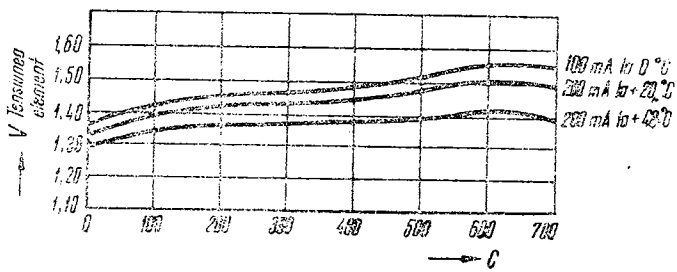


Fig. 7.14 Variaţia tensiunii în funcţie de capacitatea încărcată la acumulatorul VR 0,5 AA pentru diferiţi curenţi de încărcare.

Graficul permite aproximarea capacităţii ce o prezintă o baterie, ce urmează a fi încărcată, în funcţie de tensiunea şi temperatura existentă la un anumit moment.

Deoarece caracteristicile îşi schimbă alura în timpul folosirii acumulatoarelor, este necesar să fie refăcute după un număr mic de cicluri.

De asemenea se experimentează determinarea capacităţii bateriilor Cd-Ni, şi în funcţie de alura porţiunii de început a caracteris-

ticii de descărcare. Aceasta depinde de gradul de încărcare cît și de starea bateriilor.

Indiferent ce metodă se aplică trebuie reținut faptul că nu se poate stabili cu precizie gradul de descărcare al unei baterii (capacitatea disponibilă în baterie la un moment dat), pe baza măsurărilor de tensiune, deoarece aceasta se menține aproximativ constantă, pe o mare plajă a caracteristicii de descărcare (fig. 7.2 *b*).

Aceste măsurări se utilizează totuși în exploatare, pînă la găsirea altor mijloace mai eficiente.

În unitățile fără personal de supraveghere a încărcării se poate folosi metoda încărcării cu tensiune constantă, prin alimentatoare stabilizate. În asemenea cazuri sînt obligatorii încărcări-descărcări periodice executate cu curent constant.

De asemenea, este necesară supravegherea temperaturii capsulelor și întreruperea încărcării atunci cînd temperatura depășește 35°C. Știindu-se că, peste 45°C unele acumulatoare își pierd caracteristicile. După răcire, încărcarea se poate continua executîndu-se o încărcare fracționată.

Exploatarea. Deoarece supradescărcarea peste limită poate produce repolarizarea unor elemente și emanația de gaze, acumulatoarele Cd-Ni se descarcă normal pînă ce tensiunea bateriilor coboară la 1,1 V pe element și numai în cazuri excepționale, poate coborî pînă la 1 V (la acumulatoarele cu electrozi sinterizați).

Pentru a se elimina efectul temperaturilor joase la care capacitatea acumulatoarelor scade chiar la 50% (iarna la —20°C), se indică introducerea aparatelor sub manta sau haine. Eventual se introduc bateriile în buzunar folosindu-se cordoane de legătură RT — baterie. Pentru aparatele VXW — 100 există asemenea cordoane.

Întreținerea. Operațiile de întreținere propriu zise a acumulatoarelor Cd-Ni sînt reduse.

Sînt obligatorii însă verificările periodice la cca. 30 zile a capsulelor bateriilor deschise și garniturilor de etanșare. Astfel atunci cînd între capacul capsulei (minus) și corpul capsulei (plus), apar depuneri de carbonați, acestea să fie imediat îndepărtate cu un vîrf de lemn, iar locul spălat cu soluție diluată de acid acetic în proporție de 3—4%. Eventual pentru neutralizarea electrolitului din scurgeri se folosește o soluție diluată de acid boric.

De mare importanță sînt verificările de tensiune care trebuie să se execute zilnic la introducerea bateriilor în RT, conectînd scurt timp bateria nou încărcată pe o rezistență de sarcină și mă-

surînd tensiunea care trebuie să fie normală tipului de baterie. Prin aceasta se stabilește starea de funcționare a bateriei și mai ales, eventuala existență a elementelor repolarizate cu tensiune inversă, datorită cărora tensiunea totală se reduce. Se poate utiliza dispozitivul universal prezentat în figura 7.15.

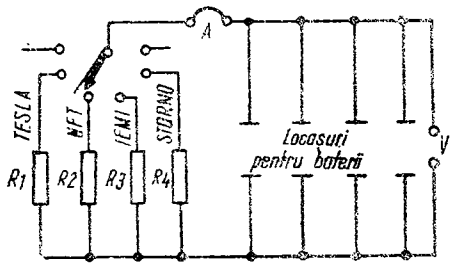


Fig. 7.15 Dispozitiv universal pentru verificarea bateriilor Cd-Ni.

Dispozitivul se compune dintr-un pupitru în care se adaptează locașuri pentru toate tipurile de baterii Cd-Ni capsulate. În interiorul pupitrului se montează rezistențe corespunzătoare pentru fiecare baterie Cd-Ni, calculate cu relația $R = \frac{U}{I_{emise}}$. Rezistențele se introduc în circuit prin selectorul *S*. Curentul se măsoară cu ampermetrul *I*, iar tensiunea cu un voltmetru *V*.

În practică durata unei ture normale de lucru a personalului de exploatare dotat cu radiotelefoane este de 12 ore, dar bateriile radiotelefoanelor sînt calculate pentru o durată de funcționare, fără schimbare de circa 8—10 ore, din care numai una sau două ore în emisie. În zonele cu trafic mare radio este indicată schimbarea bateriilor de trei ori în timpul a două ture, sau chiar de două ori pe tură în timpul iernii cu temperaturi joase, respectîndu-se însă durata normală de încărcare (timpul de descărcare **x** factorul de încărcare).

Pentru aceasta trebuie să se stabilească prin calcul și experimentări radiotelefoanele a căror baterii sînt solicitate în mod deosebit și să introducă schimbarea bateriilor după 8—10 ore evitîndu-se descărcarea profundă. Astfel se asigură bateriilor o viață lungă și se evită deformările, exploziile sau repolarizările.

La RT cu baterii de 225 mAh este absolut obligatorie această măsură, deoarece capacitatea bateriilor este mică față de consumul unui aparat care în emisie necesită 130—170 mA.

Periodic, la 50—60 cicluri de încărcare descărcare se indică încărcarea de egalizare a acumulatoarelor, în scopul eliminării neo-

mogenității elementelor, datorită descărcărilor parțiale, de șoc sau intermitente. Aceasta previne micșorarea capacității.

Egalizarea se realizează descărcînd acumulatorul normal cu curentul $\frac{1}{10}$ Cn pînă la tensiunea de 1,1 V pe element și încărcîndu-l normal. Operațiunea se repetă de trei-patru ori și se execută simultan cu măsurarea capacității și randamentului acumulatorului.

În vederea utilizării raționale a bateriilor Cd-Ni este necesară măsurarea periodică a capacității acumulatoarelor (după 30—60 cicluri încărcare descărcare).

Un acumulator este în stare bună atunci cînd își păstrează capacitatea nominală și nu prezintă fenomenul de memorie al capacităților reduse.

În practica exploatării acumulatoarelor Cd-Ni, s-a constatat că bateriile a căror capacitate este parțial exploatată (de exemplu circa 40% Cn), după un număr mare de cicluri pierd capacitatea nominală și rămîn cu capacitatea redusă (0,4 Cn), datorită unui fenomen de memorie, neexplicat încă suficient.

Memoria se elimină prin cîteva cicluri încărcare-descărcare. (3—4), complete, cu $I = \frac{1}{10}$ Cn, care se execută obligatoriu, periodic și înaintea măsurării capacității și randamentului.

Măsurarea capacității se execută cu un dispozitiv special construit pentru 5—10 baterii. Dispozitivul se poate adapta dintr-un încărcător cu mecanism de orologerie, dotat cu celule electronice de măsură a tensiunii bateriilor, care marchează durata descărcării, oprind descărcarea și declanșînd semnalizarea optică la tensiunea minimă. Un aparat complex (cu circuite integrate), pentru măsurarea capacității bateriilor execută, la cerere, grupul școlar CFR Sibiu.

Un dispozitiv mai simplu se realizează pe baza schemei din figura 7.15 multiplicată pentru 5—10 baterii. Rezistențele se calculează pentru : $I = \frac{1}{10} Cn$.

Atunci cînd capacitatea unor baterii ajunge la 0,7 Cn este necesar ca acestea să fie scoase din radiotelefoanele cu mare trafic.

În cazul cînd unele baterii au elemente defecte se regrupează elementele bune, pentru a se realiza alte baterii. Regruparea elementelor se face numai pe baza randamentelor și capacităților egale.

O apreciere sumară a stării bateriilor se face măsurînd tensiunea bateriei pe o sarcină după 3—4 zile de depozitare în stare încărcată.

Datorită faptului că rezistența internă și tensiunea acumulatoarelor Cd-Ni variază în timpul ciclului încărcare - descărcare, conectarea direct, în paralel, nu este indicată, putîndu-se distruge elementele, care ar debita unele pe altele.

Se poate utiliza schema din fig. 7.16.

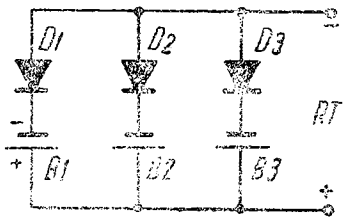


Fig. 7.16 Montaj pentru conectarea în paralel a bateriilor Cd-Ni, prin intermediul diodelor.

Legarea elementelor în serie prin lamele se execută rapid, așezîndu-se capsulele pe o suprafață metalică prin care să se disperseze căldura. Lipirea lamelelor cu care sînt dotate unele elemente se face rapid după o corectă decapare, fiind interzisă încălzirea capsulelor.

La temperaturi ridicate se deteriorează materialul de izolare a capacului de corpul capsulei și se pierde etanșietatea.

La temperaturi superioare plăcile pot deveni inactive. Scurtcircuitarea elementelor în timpul operațiilor de mai sus distruge bateriile.

Avînd în atenție aceste aspecte ale funcționării, exploatării și întreținerii acumulatoarelor capsulate, viața lor se poate prelungi mult peste media de circa 500 cicluri încărcare-descărcare.

7.3.9. Alimentarea radiotelefoanelor portabile din alte surse

Ținînd seama de faptul că acumulatoarele Cd-Ni capsulate, destinate radiotelefoanelor portabile uzuale au capacitate mică (225 mAh, 500 mAh sau 900 mAh), față de traficul acestor aparate în unele ramuri ale economiei naționale (CFR, drumuri, șantiere), bateriile se schimbă de mai multe ori într-o tură, întrerupîndu-se procesul de producție. Din acest motiv se impune folosirea unor

acumulatoare cu capacitate mai mare (3—5 Ah), în aceste domenii de activitate.

Această necesitate a fost sesizată pe plan mondial, fapt pentru care radiotelefonul portabil XF 617 B produs de ITT cu emițătorul de 1,8 W folosește bateria tip Mercury de 12 V și 2 000 mAh, iar radiotelefonul CQP 600 — Storno folosește o baterie Bu 603 cu greutate de 4,8 kg, pe lîngă greutatea aparatului de 2,8 kg.

Cînd lipsesc asemenea baterii se pot utiliza cu succes acumulatoare Ni-Fe sau chiar acumulatoare cu plumb, semietanșate de tipul 6 M 4,5, fabricate de întreprinderea Acumulatorul București.

Acest acumulator are destinație pentru motorete. Capacitatea sa este de 4,5 Ah. Conectînd în serie două baterii de 6 M 4,5 se obține tensiunea de cca. 12 V, cu care majoritatea radiotelefoanelor lucrează satisfăcător. Începînd din octombrie 1975 aceste baterii se folosesc cu succes în Regionala CFR Iași pentru alimentarea RT tip VXW 100. Cu asemenea baterii RTP — IEMI poate lucra continuu, fără schimbarea bateriilor, timp de 3—4 zile compensîndu-se dezavantajul creșterii greutății radiotelefonului cu cca. 3 kg.

Cele două baterii 6 M 4,5 se montează într-o carcasă etanșată din material plastic, care se plasează într-o poșetă specială.

Se îmbunătățește etanșarea bateriilor 6 M 4,5 cu bitum sau cu o pastă obținută prin dizolvarea materialului plastic în diluant.

Fiindcă bateriile semiuscate pot avea pierderi de electrolit este necesară etanșarea lor suplimentară și luarea tuturor măsurilor prevăzute în normele de protecția muncii pentru lucrul cu acumulatoare alcaline sau de plumb.

Legătura baterie — radiotelefon se execută printr-un cordon elastic bifilar.

8. CARACTERISTICILE RADIOTELEFOANELOR

Pentru justa apreciere a radiotelefoanelor, este necesar cunoașterea caracteristicilor (indicatorii de calitate), și condițiilor de verificare.

În general caracteristicile aparatelor diferă de la o firmă producătoare la alta potrivit cerințelor impuse de Ministerul poștelor și telecomunicațiilor din țara în care acționează firma.

8.1. Indicatori generali de calitate

Radiotelefoanele portabile și mobile trebuie să fie etanșe și rezistente la intemperii (ceață, ninsoare, ploaie), avînd construcția compactă cu mare rezistență în exploatare și la șocuri, deoarece nu se admite depășirea unui procent mai mare de 10% din valoarea aparatului, pentru cheltuielile anuale de reparații și întreținere în afara înlocuirii bateriilor.

Uzinele producătoare verifică rezistența la șocuri, rezistența la umezeală. De asemenea se verifică aparatele la acțiunea ploii prin jeturi de apă, care nu trebuie să pătrundă în interiorul aparatului sau să afecteze funcționarea sa.

De mare importanță este variația tensiunii de alimentare admisibilă și domeniul de temperatură în care radiotelefoanele lucrează normal, știindu-se că acestea pot fi utilizate atît la temperaturi scăzute de —30° în aer liber, cît și la temperaturi ridicate, pe șantiere în uzină. Din acest motiv fabricile verifică funcționarea aparatelor între —40°C și +50°C.

Deoarece tranzistoarele finale din emițătoare se încălzesc în timpul emisiunii, putîndu-se deteriora la o funcționare îndelungată, este necesar să fie cunoscută durata maximă de emisiune neîntreruptă prescrisă de fabricant. De exemplu pentru aparatele RTP tip IEMI se prescrie o durată de emisiune maximă de 10 minute după care urmează o pauză de 10 minute, cu aparatul în recepție.

De aceeași importanță este cunoașterea efectului scurtcircuitării sau întreruperii accidentale a antenei emițătorului, știindu-se că la cele mai multe aparate aceasta provoacă defectarea tranzistoarelor din etajul final. Unele aparate sînt dotate cu dispozitive de protecție împotriva acestor efecte (ADC la CQP, CQM). Pentru aparatele RTP tip IEMI se admit asemenea accidente de ordinul a 10 secunde.

Impedanța circuitului de antenă și a cablurilor de antenă este de asemenea normalizată la 50 sau 75 ohmi. Rareori se utilizează și 60 ohmi.

Puterea absorbită din sursa de alimentare ca și tensiunea de lucru, cît și variațiile admisibile ale tensiunii sursei sînt caracteristici importante, determinînd posibilitățile de utilizare a radiotelefonului respectiv.

Se recomandă o funcționare normală a radiotelefonului și în cazul anumitor variații de tensiune, inerente în timpul exploatării. De exemplu aparatele portabile IEMI cu 12 V tensiunea de alimentare sînt verificate între 10 și 14,4 V la —40°C, —25°C, +25°C, +40°C și +55°C.

La tensiunea de 10 V (+25°C) aparatul emite numai 0,25 W în loc de 0,6 W, cît emite la tensiunea de 12 V. Din contra la tensiunea de 14,4 V puterea în emisie crește la 0,7 W.

Important este și curentul luat din sursă atunci cînd aparatul emite sau recepționează cu atenuatorul de zgomot blocat cît și cu atenuatorul deblocat, permițînd întocmirea bilanțului energetic și stabilirea duratei normale de funcționare a radiotelefonului între două schimbări de baterii (la RTP).

În funcție de variația temperaturii și a tensiunii de alimentare se prescrie stabilitatea ($S = \frac{dF}{F}$), radiotelefonului, adică proprietatea acestuia de a-și menține parametrii constanți în anumite condiții.

Stabilitatea se măsoară cu frecvențmetre digitale de mare precizie, măsurînd frecvența oscilatorului la intervale de timp regulate și determinînd alunecarea frecvenței dF, prin diferența rezultatelor a două măsurări succesive.

8.2. Indicatorii de calitate ai emiţătorului

8.2.1. Frecvenţa de lucru şi intervalul dintre canale

Fiecare radiotelefon lucrează într-o anumită gamă de frecvenţe, repartizîndu-i-se fiecărui canal o anume frecvenţă de lucru. Distanţa sau ecartul de frecvenţă dintre canale se măsoară în kHz şi se numeşte interval dintre canale. Mărimea intervalului s-a stabilit în funcţie de selectivitatea circuitelor, cît şi de mărimea deviaţiei de frecvenţă, determinată de semnalul de convorbire, prin efectul de modulaţie, cît şi în funcţie de stabilitatea frecvenţei oscilatorului local.

Distanţa dintre canale a suferit modificări în timp, micşorîndu-se de la 100 kHz cît era la primele radiotelefoane la 50 kHz, 25 kHz, 20 kHz şi chiar la 12,5 kHz în prezent, (CQP 514), pentru a face loc numărului tot mai mare de radiotelefoane solicitate în toate locurile de muncă.

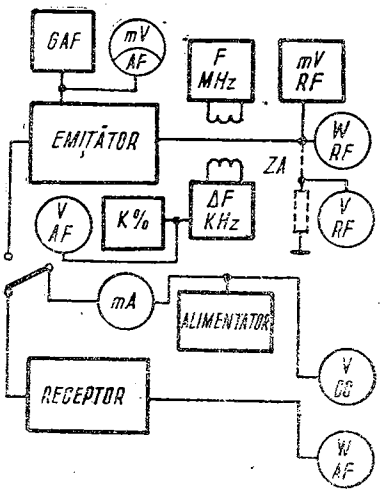


Fig. 8.1 Montaj pentru măsurarea caracteristicilor emiţătorului; curentul (mA), frecvenţa (F), deviaţia (ΔF), puterea de înaltă frecvenţă (WRF), distorsiunile (K%), sensibilitatea circuitului de microfon (mVAF), radiaţiile parazite (mVRF).

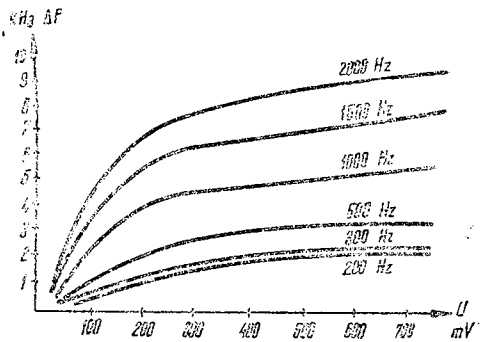


Fig. 8.2. Variaţia deviaţiei de frecvenţă în funcţie de tensiunea şi frecvenţa semnalului de modulaţie.

Frecvența de lucru *Fc* a radiotelefonului este determinată de frecvența oscilatorului local de emisie *Fo* utilizată în procesul de modulație.

Frecvența de lucru a fiecărui canal se verifică cu frecvențmetre speciale *(F)* de mare precizie conectate inductiv cu antene (fig. 8.1).

8.2.2. Deviația de frecvență

Așa cum s-a arătat, variația maximă și minimă a oscilațiilor de înaltă frecvență față de valoarea medie, provocată de semnalul de convorbire, prin intermediul modulatorului, este deviația de frecvență.

Caracteristic aparatelor cu modulație de frecvență este faptul că spectrul de înaltă frecvență emis este larg, și nu depinde de frecvența semnalului transmis, ci de deviația de frecvență, care la rîndul său este determinată de tensiunea semnalului de convorbire și de frecvența de convorbire (fig. 8.2).

Din cauză că deviația de frecvență ar putea avea valori foarte mari, ocupînd un spectru foarte larg, tensiunea și frecvența semnalului de convorbire se limitează prin dispozitive speciale, limitatoare.

Se poate determina și deviația de frecvență ΔFm de la ieșirea modulatorului unui radiotelefon cu factorul de multiplicare 12, măsurînd deviația ΔF din antenă : $\Delta Fm = \frac{\Delta F}{12}$.

Deviația de frecvență este un parametru important, deoarece variația ei poate perturba canalele vecine, sau produce distorsionarea semnalelor transmise.

Se măsoară cu deviometrul construit pe baza unui receptor cu modulația de frecvență, prevăzut cu discriminator, care transformă variațiile de frecvență în variații de tensiune (modulate în amplitudine). Aparatul indicator este gradat în kHz, pentru deviații de frecvență. La intrarea emițătorului, la bornele microfon, se aplică semnalul de joasă frecvență cu nivelul prescris, iar prin variația frecvenței între 300—3 000 Hz se măsoară la bornele de antenă deviația corespunzătoare cuplînd deviometrul inductiv (fig. 8.1).

În practică se măsoară atît *deviația nominală* de frecvență, aplicînd la intrarea emițătorului un semnal de 1 000 Hz (de la un generator *Gjf*), cu nivelul prescris pentru care trebuie să se obțină o anumită valoare (de exemplu 3,3 la RTP tip IEMI) cît și

deviația maximă pentru același semnal, dar cu tensiunea semnalului de intrare mărită (de 10 ori la VXW 100, UFS 601).

Mărimea deviației este limitată în funcție de intervalul dintre canale. Astfel deviația maximă este ± 15 kHz, la intervalul de 50 kHz, ±5 kHz la intervalul de 25 kHz, ±4 kHz la intervalul de 20 kHz și ± 2,5 kHz la intervalul de 12,5 kHz.

8.2.3. Sensibilitatea circuitului de microfon

Este dată de valoarea tensiunii minime a semnalului vocal, necesară la intrarea amplificatorului de joasă frecvență de emisie, pentru a se realiza deviația de frecvență prescrisă.

Deoarece majoritatea radiotelefoanelor cu microfoane electrodinamice, tensiunea minimă de intrare este de ordinul milivolților (2 mV la VXW 100).

Semnalele vocale cu tensiuni prea mari supraîncarcă circuitele de intrare, provocînd distorsiuni și chiar depășirea deviației de frecvență.

Se măsoară cu montajul din fig. 8.1, aplicînd la intrare un semnal cu frecvența de 1 000 Hz și nivelul necesar pentru a se obține o deviație nominală, de exemplu 3,3 kHz la RTP tip IEMI. Milivoltmetrul indică tensiunea de intrare.

8.2.4. Banda de frecvență transmisă

În telecomunicații banda de frecvență transmisă reprezintă spectrul între frecvențele la care amplitudinea scade cu 0,707 respectiv 3 dB, față de mărimea medie determinată la mijlocul benzii.

Deși în telefonia modernă se utilizează banda de 300—3 400 Hz, în radiotelefonie se consideră că banda de 300—3 000 Hz este suficientă pentru o bună convorbire.

Verificarea benzii de frecvență vocală transmisă printr-un radiotelefon se face ținînd seama de modul în care se realizează limitarea amplitudinei semnalelor transmise.

Banda de frecvență transmisă se verifică ridicînd caracteristica de audiofrecvență (reprezentarea grafică a variației nivelului frecvențelor transmise între 300—3 000 Hz). Se aplică întîi la bornele emițătorului, un semnal cu frecvența de 1 000 Hz, care să producă deviația de 1 kHz (fig. 8.1).

Variind apoi frecvența între 300—3 000 Hz și păstrînd nivelul constant se citește pe scala voltmetrului de joasă frecvență conectat la bornele deviometrului, tensiunea corespunzătoare fiecărei frecvențe, din banda de 300—3 000 Hz.

Cu aceste valori se întocmește un grafic asemănător acelui din figura 8.3 specific aparatului RTP. În acest grafic accentuarea se realizează cu 6 dB/octavă, în limita unei toleranțe de + 1 dB și —3 dB.

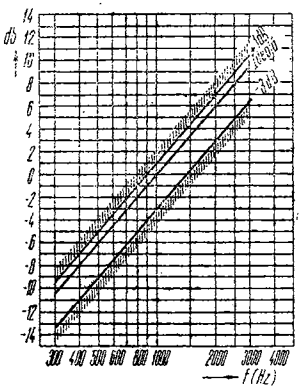


Fig. 8.3 Caracteristica de audiofrecvență a emițătorului.

8.2.5. **Distorsiuni**

Distorsiunile determină fidelitatea aparatului, care se definește ca proprietatea radiotelefonului de a reda fără schimbare de formă (distorsiune), toate componentele semnalului transmis. Există distorsiuni liniare și neliniare.

Distorsiunile liniare apar atunci cînd amplitudinea semnalelor de la ieșirea unui aparat variază cu frecvența, fără a apărea și alte frecvențe suplimentare.

Aceste distorsiuni numite și de frecvență sau liniare, apar datorită comportării deosebite a elementelor reactiv liniare din circuite (capacități, inductanțe), la diferite frecvențe.

Sînt supărătoare dacă diferența dintre amplificarea diferitelor frecvențe componente ale semnalului vocal, transmis depășește ± 3 dB.

Se pun în evidență prin caracteristica de frecvență.

Distorsiunile neliniare sau de neliniaritate apar din cauza unor elemente neliniare (semiconductoare, transformatoare saturate).

Efectul neliniarității se manifestă în cazul aplicării unui semnal sinusoidal la intrare, prin modificarea formei semnalului și apariția unor componente cu frecvențe armonice aceleia aplicate (fig. 8.4 *a, b*).

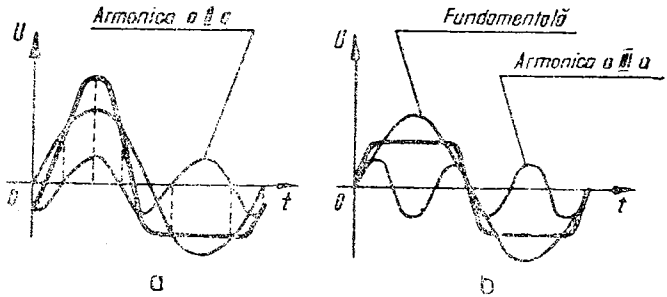


Fig. 8.4. : a — distorsionarea unui semnal datorită armonicii a doua ; b — distorsionarea unui semnal datorită armonicii a treia.

Distorsiunile de neliniaritate modifică compoziția spectrului de frecvență și deci timbrul semnalului de ieșire. Ele cresc cu amplitudinea semnalului aplicat la intrare.

Măsurarea distorsiunilor neliniare se face stabilind indicile de armonici, calculat prin raportul dintre mărimea armonicilor față de mărimea frecvenței fundamentale.

Indicile de armonici, numit și coeficient de distorsiuni neliniare K, sau factorul de distorsiuni armonice, se poate determina ca indice parțial, raportînd valoarea eficace a unei anume armonici, la valoarea fundamentală, în cazul analizei armonicilor componente sau ca indice total (global) cînd se ține seama de toate armonicile.

În radiotelefonie se folosește factorul de distorsiuni armonice global $K1$, reprezentat prin raportul dintre valoarea eficace a tuturor armonicilor ($U2 \dots Un$) și valoarea eficace a undei totale (U) sau indicile $K2$, determinat prin același raport, care are la numitor valoarea eficace a fundamentalei ($U1$).

$$K1 = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots U_n^2}{U}} = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots U_n^2}{U_1^2 + U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \dots U_n^2}}$$

$$K2 = \sqrt{\frac{U_2^2 + U_3^2 + U_4^2 + \ldots U_n^2}{U_1^2}}$$

Între cei doi coeficienți există relația :

$$K2 = \frac{1}{\sqrt{1 + K_1^2}} \approx K1 \text{ atunci cînd } K1 < 1.$$

În practică se utilizează coeficientul $K2$ exprimat în procente prin înmulțirea valorii raportului cu 100, deoarece este mai simplu de măsurat.

Întrucît coeficientul de 5% sau chiar 10% nu este sesizat de ureche în cazul transmisiilor telefonice, convorbirea fiind inteligibilă și la 15—20%, în radiotelefonie se admite un procent de armonici neliniare global de cca. 10% (RTP-IEMI).

Distorsiunile la emisie se măsoară extrăgînd semnalul vocal de la ieșirea specială de joasă frecvență a deviometrului și măsurînd direct procentul de distorsiuni neliniare $K\%$ cu ajutorul unui distorsiometru (fig. 8.1). Pentru aceasta, la intrarea de microfon se aplică semnalul de 1 000 Hz cu nivelul prescris (400 mV la RTP). Forma semnalului se poate observa pe ecranul unui osciloscop conectat împreună cu distorsiometrul.

8.2.6. **Nivelul zgomotului**

Datorită amplificării considerabil de mari din lanțul de emisie sau recepție a unui radiotelefon, la ieșirea acestuia apare pe lîngă semnalul util și un semnal parazitar datorită zgomotului.

Raportul exprimat în dB dintre tensiunea de ieșire corespunzătoare semnalului util și tensiunea corespunzătoare zgomotului de fond din aceeași bandă, este denumit raport semnal/zgomot.

Măsurarea acestui raport, în cazul emisiei, se face culegînd semnalul de joasă frecvență tot de la ieșirea deviometrului (fig. 8.1). În acest scop se determină valoarea tensiunii de joasă frecvență Un corespunzătoare unui semnal cu frecvența de 1 000 Hz și nivelul normal, aplicat la intrarea emițătorului pentru a se obține deviația de cca. 3,3 kHz (RTP). Apoi se scurtcircuitează intrarea de j.f. a emițătorului și se măsoară valoarea tensiunii de zgomot Uz.

Raportul celor două tensiuni este apoi exprimat în dB ($20 \log \frac{Un}{Uz}$). Obișnuit are valoarea de 40 dB.

În alte variante se măsoară întîi nivelul semnalului modulat (cu indicatorul de nivel) și apoi nivelul zgomotului. De regulă nivelul zgomotului trebuie să fie cu 40 dB mai mic decît al semnalului (RTM-IEMI).

8.2.7. **Puterea RF transmisă**

Puterea de radiofrecvență transmisă este puterea disipată prin antenă în eter de către radiotelefon.

Este determinată de puterea etajului final din emițător și de capacitatea sursei de alimentare, fapt pentru care aparatele portabile au puteri limitate la 0,5—1 W, iar cele mobile la 10—25 W.

Nu se folosesc puteri mari la ieșire deoarece aceste aparate lucrează în zone restrînse.

Creșterea puterii de emisie scumpește echipamentul fără a se obține creșteri prea mari ale distanței de lucru, știindu-se că, undele ultrascurte sînt atenuate de obstacole și denivelări.

Puterea se măsoară cu wattmetrul *(WRF)* sau cu voltmetrul electronic de înaltă frecvență *(VRF)* și o rezistență de sarcină *(ZA)* neinductivă (chimică), cu valoarea egală cu modulul impedanței circuitului de antenă (fig. 8.1).

$$P = \frac{U^2}{ZA}$$

Datorită modulației de frecvență puterea emisă de radiotelefon se menține aceeași, atît în timpul transmisiei unui semnal modulat, cît și în pauză, cînd se transmite în eter numai frecvența nemodulată.

8.2.8. **Radiații parazite**

Puterea electrică disipată de radiotelefon prin intermediul antenei sub forma unui cîmp electromagnetic poartă numele de radiație.

Teoretic un radiotelefon trebuie să emită în eter numai banda de frecvențe utile. În realitate, pe lîngă această bandă se emit și alte semnale nedorite, rezultate din modulație, cît și frecvențe pa-

razite, produse în etajele de multiplicare, care sînt elemente neliniare.

Un rol nedorit au radiațiile cu frecvențe armonice ale unui anume canal, care coincid cu frecvența altor canale și pătrund astfel pe aceste canale. De asemenea poate exista și o radiație a oscilatorului de recepție ca și a etajelor de frecvență intermediare. Totalitatea semnalelor emise de un radiotelefon în antenă pe lîngă semnalele utile, constituie radiații parazite.

Puterea radiațiilor parazite se măsoară, conectînd un milivoltmetru electronic selectiv cu banda de 20—900 MHz, la ieșirea emițătorului și măsurînd valoarea maximă a radiației, pe frecvențele canalelor vecine, cît și separat pe frecvențele armonice.

În practică se măsoară armonicile 11 Fo și 13 Fo (la radiotelefoanele cu factorul de multiplicare 12), corespunzătoare frecvenței *Fo* a oscilatorului de bază, cît și armonicile superioare 2 *Fc*, 3 *Fc*, 4 *Fc*, 5 *Fc* a frecvenței *Fc* a canalului.

Puterea radiațiilor parazite se calculează tot cu formula:

$$P = \frac{U^2}{ZA}$$

La RTP 4 MF-S radiația armonicilor este de 20 μV iar a altor frecvențe 2 μW.

8.3. Indicatori de calitate ai receptorului

8.3.1. Sensibilitatea și raportul semnal zgomot

Sensibilitatea este proprietatea unui radiotelefon de a recepționa, în condiții normale semnale de slabă intensitate.

Se poate măsura o *sensibilitate maximă* și o *sensibilitate reală sau limitată* de raportul semnal zgomot.

Sensibilitatea maximă este dată de valoarea minimă a tensiunii semnalului de înaltă frecvență modulat, cu 1 000 Hz, aplicat la intrarea antenei și care produce la ieșire pe sarcina difuzorului sau pe o rezistență echivalentă, puterea standard.

Valoarea minimă a tensiunii în microvolți se determină în condițiile absenței totale a unor semnale perturbatoare într-o cameră ecranată și cu toate dispozitivele de reglaj stabilite în poziții de amplificare maximă.

Cum în realitate, peste semnalele recepționate, se suprapun semnale perturbatoare externe (surse industriale, electrocasnice)

cît și interne, sensibilitatea determinată fără a ține seama de zgomote nu are nici o valoare practică.

Din acest motiv se definește o *sensibilitate utilă*, reală sau limitată de zgomot, care evaluează corect performanțele radiotelefoanelor, în condițiile de funcționare reale, ținînd cont de semnalele perturbatoare, astfel încît semnalul vocal recepționat Un să aibă valoare mai mare decît zgomotele.

Raportul minim $\frac{Un}{Uz}$ care poate asigura o audiție acceptabilă este de 5—10.

În acest caz — sensibilitatea limitată corespunde tensiunii minime, în microvolți, a semnalului de intrare modulat normal, pentru a obține la ieșirea receptorului un semnal util cu puterea standard, astfel încît raportul semnal/zgomot să aibă valoarea minimă indicată, pentru un anume reglaj al receptorului (potențiometru de volum într-o poziție de mijloc).

Din acest motiv sensibilitatea limitată este mai slabă decît cea maximă. În practica radiotelefoniei se folosește sensibilitatea limitată.

Compararea sensibilității a două radiotelefoane se face ținîndu-se seama de impedanța de intrare a circuitului de antenă, deoarece aparatele cu impedanțe diferite, au aceeași sensibilitate doar atunci cînd puterile aplicate la intrare, pentru obținerea tensiunii normale la difuzor, sînt egale.

Din relația $P = \frac{U^2}{Z}$ se observă că pentru aceeași putere a semnalului, tensiunea de intrare U_1 la un radiotelefon cu impedanța de intrare Z_1 va fi $U_1 = \sqrt{P \cdot Z_1}$, iar la alt aparat cu impedanța Z_2 va fi $U_2 = \sqrt{P \cdot Z_2}$.

Compararea sensibilității a două radiotelefoane se face mai simplu în puteri exprimate în miliwați sau microwați, fără a se ține seama de impedanța de intrare a antenei.

Între sensibilitatea de putere Sp și sensibilitatea de tensiune Su există relația $Su = \sqrt{Sp \cdot Z_1}$.

Din cele de mai sus se observă că un radiotelefon care are sensibilitatea de tensiune $U1 = 0{,}5$ μV/75 ohmi nu are aceleași performanțe cu un aparat care are $U2 = 0{,}5$ μV/50 ohmi, deoarece puterile semnalelor aplicate sînt diferite :

$P\,1 = \frac{U^2_1}{Z_1} = 0{,}003$ μW iar $P2 = \frac{U^2_2}{Z_2} = 0{,}0055$ μW.

Radiotelefonul cu impedanță mai ridicată necesită o putere mai mică de intrare. De aceia sensibilitatea se măsoară în condițiile unei perfecte adaptări a impedanțelor dintre radiotelefon și generatorul de semnale. Cînd impedanța de ieșire a generatorului *Zg*, diferă de impedanța antenei radiotelefonului *Zr*, se aplică relația :

$$Sr = Sg \frac{Zr}{Zg}$$

Mărimea *Sg* este valoarea indicată de atenuatorul generatorului de înaltă frecvență, iar *Sr* este sensibilitatea receptorului.

Măsurarea sensibilității se execută prin trei metode principale, utilizate în diferite țări.

Acestea sînt : metoda 20 dB Quieting (a pragului de sensibilitate sau fără zgomot), metoda 20 dB Semnal/Zgomot $\left(\frac{\text{Semnal} + \text{Zgomot}}{\text{Zgomot}} = \frac{S+Z}{Z}\right)$ și metoda 12 dB SINAD.

Prima metodă utilizează semnalul de înaltă frecvență (IF) nemodulat, fapt pentru care are utilizare restrînsă. Conform normelor EIA, pragul sensibilității se determină anulînd funcționarea atenuatorului de zgomot și fixînd la circa 25%—50% puterea semnalului (zgomotului) măsurat la ieșirea receptorului, pe rezistența de sarcină (*Rd*).

Introducînd apoi la intrarea receptorului semnalul, IF nemodulat, acesta se reglează la mărimea (sensibilitatea), care atenuează zgomotul cu 20 dB (măsurat pe *Rd*).

Metoda a doua are mai largă utilizare, deoarece folosește semnalul IF modulat.

Conform normelor germane FTZ, se introduce la borna de antenă semnalul IF modulat cu 1 000 Hz, avînd deviația 70% din valoarea maximă și tensiunea necesară, pentru a obține pe rezistența de sarcină cel puțin 50% din puterea nominală (reglînd volumul).

Tăind apoi modulația se reduce mărimea semnalului IF nemodulat, astfel încît tensiunea măsurată pe *Rd* să fie de 10 ori mai mică (20 dB), decît a semnalului modulat. Aceasta reprezintă sensibilitatea.

Mai rar se folosește raportul 10 db Semnal/Zgomot, măsurat pentru deviația de 30% din deviația maximă.

Sensibilitatea determinată prin metoda 12 dB SINAD este denumită și sensibilitatea utilizabilă, deoarece ține seamă și de distorsiuni, fapt pentru care raportul are forma :

$$\frac{\text{Semnal} + \text{Zgomot} + \text{Distorsiuni}}{\text{Zgomot} + \text{Distorsiuni}}$$

(Denumirea SINAD provine din termenii englezi : Signal — semnal, Noise — zgomot, and — și, Distorsion — distorsiune.)

Măsurarea se execută introducînd la borna de antenă a RT semnalul IF modulat cu 1 000 Hz avînd deviația 75% din deviația maximă și amplitudinea de circa 1 mV (sau mai mică, pentru a obține distorsiunile minime). Pe rezistența de sarcină *Rd* a receptorului, conectată în paralel cu un distorsiometru se reglează puterea nominală și se citește procentul de distorsiuni *K*%. Se reduce apoi mărimea semnalului de IF pînă ce *K*% crește cu circa 25% (variantă utilizată la USE 600) sau indicația în dB a distorsiometrului utilizat ca indicator de nivel crește cu 12 dB.

Laboratoarele uzinale utilizează filtre cu care se determină direct sensibilitatea.

Măsurînd un RT (CQM 612) prin cele trei metode s-a constatat că valorile sînt apropiate : 0,65 μV cu metoda 1, 0,7 μV prin metoda 2, 0,5 μV prin metoda 3.

Radiotelefoanele actuale au sensibilitatea între 0,3 și 1 μV.

Valorile prea mici nu sînt utilizabile datorită perturbațiilor existente în mediul urban — industrial.

Măsurarea se execută folosind cordoane scurte, fără ochiuri.

8.3.2. Frecvența canalelor de recepție

Frecvența oscilatorului local de recepție se verifică cu un frecvențmetru digital (*F*) conectat direct la ieșirea sa.

Eventual se măsoară frecvența generatorului de semnale standard folosit pentru verificarea sensibilității unui canal.

8.3.3. Coeficientul de distorsiuni neliniare

Distorsiunile neliniare de la recepție se verifică conectînd un distorsiometru (*K*%) direct cu bornele impedanței de sarcină *Rd* sau difuzorului radiotelefonului.

La intrare se introduce semnalul de înaltă frecvență al canalului modulat cu 1 000 Hz cu tensiunea mărită la 50 μV sau chiar un mV (după indicațiile fabricii) și deviația de frecvență corespunzătoare (3,3 kHz, la RTP), reglînd elementele de amplificare pentru a se obține la ieșirea receptorului puterea admisibilă

(fig. 8.5). Semnalul de joasă frecvență se poate observa pe ecranul osciloscopului O. La RTP se admite un procent de 10%.

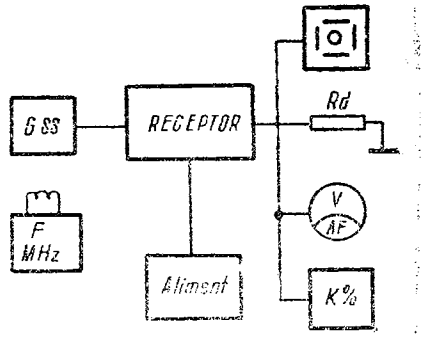


Fig. 8.5 Montaj pentru măsurarea caracteristicilor receptorului: sensibilitatea (GSS), distorsiunile (K%), puterea de joasă frecvență (VAF), frecvența (F).

8.3.4. **Banda de frecvență audio recepționată**

Banda de frecvență audio recepționată se stabilește ridicînd caracteristica de frecvență audio la bornele difuzorului și ținînd seama de existența circuitului de dezaccentuare cu 6 dB/octavă.

Astfel la aparatele RTP — IEMI se alimentează cu un semnal de înaltă frecvență modulat cu 1 000 Hz și $\Delta F = 1$ kHz, avînd nivelul constant. Apoi se variază frecvența de modulație între 300—3 000 Hz și se măsoară valorile semnalului de joasă frecvență la bornele sarcinii, trasînd caracteristica de frecvență care trebuie să aibă alura inversă aceleia de emisie (fig. 8.6).

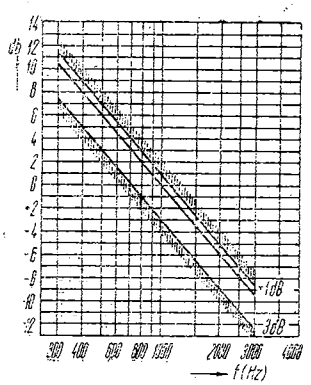


Fig. 8.6 Caracteristica de audiofrecvență a receptorului.

8.3.5. Radiațiile parazite

Deoarece pot exista în antenă și radiațiile parazite ale oscilatorului local de recepție, ale etajelor de multiplicare sau, ale etajelor de frecvență intermediară, acestea se măsoară cu ajutorul unui voltmetru electronic selectiv în banda de 20—900 MHz conectat la borna de antenă a radiotelefonului.

Puterea radiațiilor se determină cu relația :

$$P = \frac{U^2}{ZA} \ \mu W.$$

Aparatul RTP 4 MF-S are o radiație parazită de 0,01 μW.

8.3.6. Puterea de ieșire în joasă frecvență la recepție

Puterea dezvoltată într-o rezistență *Rd* pur ohmică echivalentă cu impedanța difuzorului, (la frecvența de 1 000 Hz) este puterea de ieșire.

Aceasta poate fi măsurată sub forma puterii de ieșire maxime (indiferent de distorsiuni), fie ca puterea utilă nedistorsionată, mai redusă decît valoarea maximă.

Din acest motiv în practică se folosește puterea nominală sau utilă reprezentată prin puterea de ieșire la care procentul de distorsiuni neliniare este mai mic decît 10%.

Pentru măsurarea puterii utile se înlocuiește difuzorul cu o rezistență pur ohmică și egală cu modulul impedanței difuzorului și se măsoară valoarea eficace a tensiunii vocale, în cazul cînd se aplică la antenă semnalul modulat cu 1 000 Hz și tensiunea indicată. La RTP se aplică un semnal modulat cu 1 000 Hz, ΔF=5 kHz și tensiunea de 1 mV. Rezistența de sarcină are 70 ohmi pentru difuzor și 350 ohmi pentru microtelefon. Se indică puterea de 200 mW.

8.3.7. Nivelul sonor

Pentru ca radiotelefoanele să poată fi auzite în zonele de lucru cu mare zgomot se prevede și o verificare a nivelului sonor, care se execută la frecvența de 1 000 Hz. UIC prevede un nivel sonor de 100 dB, măsurat la 30 cm.

8.3.8. Selectivitatea

Selectivitatea este proprietatea receptorului unui radiotelefon de a se separa semnalele frecvenței pe care este acordat din totalitatea semnalelor cu diferite frecvențe, existente la intrarea receptorului.

Se exprimă prin atenuarea pe care o prezintă receptorul la semnalele cu frecvența canalelor vecine (adiacente), ca și la alte frecvențe perturbatoare (frecvențe imagine, intermediare, parazite). Cu cît această atenuare este mai mare, selectivitatea este mai bună.

Selectivitatea depinde atît de diferența dintre frecvența semnalului util și aceea a semnalului nedorit, cît și de nivelul celor două semnale.

Selectivitatea unor circuite de înaltă frecvență din radiotelefon se poate reprezenta printr-o curbă de forma aceleia din figura 8.7.

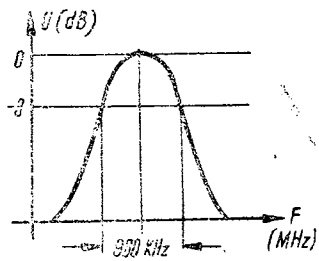


Fig. 8.7 Curba selectivității etajelor de înaltă frecvență la RTM-MF-S.

De obicei curba de selectivitate se întocmește pentru blocuri de etaje, deoarece în radiotelefonie se folosesc 2 schimbări de frecvență și limitatoare de amplitudine care deformează rezultatele. Micșorarea intervalului de frecvență dintre canale, pentru mărirea numărului de canale, într-o bandă dată se face pe seama selectivității circuitelor receptorului.

Selectivitatea are următoarea repartizare pe etaje :

Primele etaje de amplificare, în înalta frecvență cît și filtrul de antenă atenuează semnalele cu frecvența imagine, izolînd oscilatorul local al receptorului de antenă, astfel încît acesta să nu emită în eter radiații parazite.

Același rol îl au și etajele primei frecvențe intermediare de 10,7 MHz.

Atenuarea frecvențelor canalelor vecine se face în etajele *FiI și FiII* (455—470 kHz).

Prin folosirea filtrelor cu cuarț în etajele frecvenței intermediare de 10,7 MHz se obține o selectivitate ridicată, eliminîndu-se a doua schimbare de frecvență (CQP 500).

Filtrele cu cuarț au banda de trecere de 3 — 4 kHz și o atenuare mai mare de 80 dB la frecvența $Fi \pm 5$ kHz.

O selectivitate ideală se obține în cazul dublei schimbări de frecvență folosind pentru frecvența de 455 — 470 kHz filtre mecanice magnetoelectrice. Acestea pot avea o bandă de trecere între 0,5 și 15 kHz, realizînd o atenuare de 90 dB, pentru canalul adiacent (UFS 601).

Aparatul VXW 100 realizat numai cu filtre *LC* prezintă selectivitatea de numai 60 dB, față de canalul vecin, deși este dotat cu 2 schimbări de frecvențe.

Selectivitatea se măsoară prin mai multe metode.

Astfel determinarea selectivității față de canalul vecin ca și față de frecvența imagine se poate face informativ prin metoda *cu un singur semnal*. Aplicînd la intrare un semnal cu frecvența canalului modulat cu 1 000 Hz cu deviația de frecvență corespunzătoare (3,3 kHz) și tensiunea prescrisă (U_1), se măsoară tensiunea de joasă frecvență de la difuzor. Schimbînd frecvența generatorului de înaltă frecvență pe frecvențele canalelor, se mărește valoarea tensiunii de intrare U_2 pînă se obține aceeași tensiune de ieșire la difuzor.

Selectivitatea (atenuarea) este determinată în dB, prin raportul celor două tensiuni de intrare $S = 20 \log \frac{U_1}{U_2}$. Prin aceeași metodă se poate determina și atenuarea semnalelor perturbatoare din banda frecvențelor intermediare.

Prin folosirea a două frecvențe (metoda EIA) măsurarea este mai corectă deoarece receptorul este pus în situația de lucru reală. Este mai dificilă deoarece necesită două generatoare standard.

UIC indică o selectivitate mai bună de 75 dB pentru intervalul de frecvență de 25 kHz, iar atenuarea frecvenței imagine mai mare decît 70 dB. Radiotelefonul RTP-4 MF-S are selectivitatea minimă de 78 dB.

8.3.9. Intermodulația

Atunci cînd sînt plasate mai multe radiotelefoane cu diferite frecvențe, în același loc, apar fenomene de intermodulație, care au drept consecințe distorsiuni de intermodulație. Aceste distorsiuni se datoresc selectivității mici și elementelor neliniare din lanțul de intrare al receptorului. Apar atunci cînd în circuitul acestuia pătrund două semnale cu frecvențe deosebite, care acționează unul asupra altuia, producînd semnale parazite cu frecvențe noi, ca sume și diferențe a celor două frecvențe sau a armonicilor lor, pătrunzînd pe canalele acordate pe aceste frecvențe, blocîndu-le sau perturbînd semnalele utile.

De exemplu : dacă un aparat este acordat pe canalul 1 cu Fo, iar la intrarea sa pătrund frecvențele canalelor apropiate 3 și 5 cu frecvența $F3 = Fo + 50$ kHz și $F5 = Fo + 100$ kHz, prin intermodulația dintre armonica frecvenței $F3$ și frecvența fundamentală $F5$ se obține frecvența Fo a canalului 2 $(Fo + 50) - (Fo + 100) = Fo$.

Prin calcule s-a stabilit că produsele de intermodulație a unui radiotelefon cu 12 canale, distanțate la 25 kHz, ajung la peste 400.

Spre deosebire de distorsiunile neliniare care nu dau decît armonici superioare, care schimbă timbrul semnalului vocal transmis, distorsiunile de intermodulație produc zgomote puternice și diafonii între canalele radiotelefonului.

Aceste fenomene sînt posibile datorită faptului că frecvențele canalelor apropiate nu sînt atenuate în etajele comune de înaltă frecvență care sînt construite pentru întreaga bandă de frecvență corespunzătoare celor 10 canale (900 kHz la aparatele RTM-4 MFS).

Acestea modifică amplificarea etajelor de intrare în ritmul modulației proprii.

Intermodulația este puternică la radiotelefoanele montate mai ales la distanțe de ordinul metrilor, iar perturbațiile de acest gen sînt aproape inevitabile în asemenea cazuri.

În practică se urmărește distanța dintre aparate, micșorîndu-se astfel influența reciprocă a cîmpurilor electromagnetice din antenă.

Întrucît cea mai puternică intermodulație apare în cazul a trei radiotelefoane dintre care primul lucrează pe frecvența Fo, al doilea lucrează pe frecvența $Fo + 25$, iar al treilea pe frecvența $Fo + 50$, $Fo = 2(Fo + 25) - (Fo + 50)$, repartizarea frecvențelor într-o rețea complexă de radiotelefoane se face evitîndu-se gruparea canalelor la interval de 25 kHz, într-un singur loc.

Verificarea radiotelefoanelor la intermodulație se face cu ajutorul a două generatoare acordate pe frecvențele purtătoare $F1$ și $F2$ al căror nivel constant se majorează progresiv.

Limita de apariție a distorsiunilor de intermodulație este atinsă atunci cînd semnalul parazit, de exemplu 2F1 — F2 în creștere se apropie de valoarea minimă a semnalului util.

Uzinele producătoare de radiotelefoane verifică intermodulația prin metoda EIA a celor trei semnale, cu ajutorul unui montaj special, prin care se introduce simultan la intrarea receptorului frecvența Fc a canalului modulată cu 1 000 Hz (pentru măsurarea sensibilității), frecvența canalului vecin $Fc + 25$ kHz nemodulată și frecvența unui canal apropiat $Fc + 50$ kHz modulată cu 400 Hz.

Reglînd nivelul ultimelor două semnale pînă ce raportul $\frac{S + D + Z}{D + Z}$ ajunge de la 12 dB la 6 dB, se calculează intermodulația.

La RTP-4 MF-S intermodulația este de 67 dB.

Concluzii

Pentru a se obține rezultate corecte, măsurările se execută în camere speciale ecranate (surde), legate la pămînt, cu temperatură constantă de 25°C, umiditate relativă 65% și alimentate cu energie electrică prin filtre speciale.

Deoarece în laboratoarele de întreținere nu se execută verificarea tuturor caracteristicilor ci numai a celor esențiale, se pot folosi încăperile obișnuite. Se vor utiliza obligatoriu rezistențele de sarcină ecranate spre a se evita radiația semnalelor în eter, atunci cînd se verifică emițătoarele (fig. 10.2).

9. LABORATORUL DE RADIOTELEFONIE

Verificarea periodică a caracteristicilor radiotelefoanelor cît și repararea acestora, nu se poate executa decît într-un laborator, încadrat cu electroniști autorizați conform prevederilor regulamentului personalului de deservire a stațiilor de radio.

Cu toate că organizarea laboratorului implică cheltuieli pentru procurarea echipamentelor de măsurat, se justifică existența sa în marile întreprinderi și instituții dotate cu mai multe zeci de RT, datorită eficienței economice pe care o aduc radiotelefoanele la fiecare loc de muncă, și promptitudinei cu care se pot revizui sau repara aparatele defecte, în procesul de producție, printr-un laborator propriu.

Cu aceleași aparate de măsură, se pot executa cercetări și măsurători pe teren, în vederea îmbunătățirii condițiilor de funcționare și exploatare a radiotelefoanelor din dotarea instituției în cauză.

9.1. Dotarea laboratorului

De obicei aparatele de măsură se procură individual, comandîndu-se separat aparatul specific anumitor măsurători.

Montarea lor în laborator se face grupat, alcătuind o masă de verificări (banc), sau stand pentru încercat și măsurat radiotelefoanele.

Fiindcă unele aparate se pot folosi atît pentru verificarea emițătorului, cît și a receptorului, cuplarea și conectarea lor în diferi-

tele puncte de măsurări ale etajelor RT, se realizează printr-un pupitru de conexiuni, dotat cu mufe, fișe, cable coaxiale și diferite comutatoare.

Dacă la amplasarea lor se respectă principiile ergonomiei, asemenea montaje se pot utiliza pentru verificarea rapidă a caracteristicilor radiotelefoanelor, cu minim de efort și maxim de eficiență.

Schema pupitrului și chiar pupitrul se poate obține de la întreprinderea furnizoare de radiotelefoane, sau se concepe de către personalul laboratorului, potrivit cu măsurările ce se efectuează.

Aparatele de măsurat necesare unui laborator complex, pentru o mare instituție sau centrală, cu peste o sută de aparate, sînt prezentate mai jos :

1. Pentru măsurarea puterii emițătorului în laborator, este necesar un wattmetru de înaltă frecvență, construit pentru banda frecvențelor de lucru și impedanța circuitului de antenă, din radiotelefoanele utilizate.

Cel mai indicat este wattmetrul cu sondă sau spul (fig. 13.2) calibrat pentru puteri și frecvențe diferite : 1 W, 10 W, 20 W. Wattmetrul va fi însoțit și de o rezistență neinductivă, de sarcină cu impedanță necesară (75 ohmi, 60 ohmi sau 50 ohmi).

2. Deviometrul este absolut necesar laboratorului. De obicei acesta permite măsurarea deviației cu limitele 10 — 50 — 200 kHz, în gama 20 — 300 MHz. Sensibilitatea circuitului de intrare este de cca. 100 mV, cuplîndu-se inductiv cu antena RT.

3. Generatorul de înaltă frecvență procurat pentru măsurarea sensibilității trebuie să acopere atît banda de 10,7 MHz, necesară pentru verificarea etajelor *Fi* I, cît și banda frecvențelor înalte din antenă.

Rezistența internă trebuie să corespundă impedanței radiotelefonului (75 ohmi, 60 ohmi sau 50 ohmi), iar variația tensiunii de ieșire să fie permisă între limitele 0,2 μV ... 50 mV.

4. Pentru reglarea frecvenței emițătorului și receptorului, IEMI București produce numărătorul universal E-0202, care măsoară direct frecvența oscilatoarelor (pînă la 20 MHz), iar prin intermediul convertorului de frecvență E-0202 C, măsoară frecvența semnalului din antenă (pînă la 120 MHz). Același numărător, echipat cu convertorul de tensiune E-0202 B măsoară tensiuni continue, între 100 μV — 1 000 V. Mai noi sînt : E-0204 ... E-0208.

5. Tot pentru măsurarea tensiunilor continue (0,2 — 1 000 V) sau alternative (0,2—350 V) este indicat multimetrul numeric E-0302 (IEMI) cît și ultimele serii : E-0303 ... E-0306.

Voltmetrul electronic E-0401 (IEMI) măsoară tensiuni continue între 100 mV — 1 000 V şi alternative între 100 mV — 300 V, în banda frecvenţelor 20 Hz — 200 MHz, fapt pentru care poate fi folosit pentru măsurarea puterii emiţătoarelor, împreună cu o rezistenţă de sarcină (fără a mai fi necesar Wattmetrul).

Multimetrul E-0403 (IEMI) are utilizare ca milivoltmetru pentru tensiuni alternative (5 mV — 10 V), în banda frecvenţelor 100 kHz — 100 MHz.

Mai sensibil este milivoltmetrul electronic E-0402 (IEMI), care lucrează în banda 10 Hz — 10 MHz, pentru măsurarea tensiunilor 0,1 mV — 300 V.

6. Drept generator vocal de modulaţie se foloseşte generatorul de joasă frecvenţă E-0501 (IEMI) cu domeniul de lucru 1 Hz — 1 MHz şi tensiuni variabile în treptele : 1/1 : 1/10 : 1/100 (fin 1/15), din tensiunea de ieşire (3 Vef.) cît şi E-0502.

7. Calitatea semnalelor vocale se apreciază cu unul dintre osciloscoapele livrate de IEMI E-0101, E-0102, E-0103, E-0104, E-0105.

8. Măsurarea distorsiunilor emiţătorului şi receptorului se execută cu distorsiometrul, cu circuite selective, ce poate separa armonicele de semnalul vocal, măsurînd astfel procentul de distorsiuni neliniare.

9. Ca sursă de tensiune reglabilă şi stabilizată pentru alimentarea radiotelefoanelor şi verificarea lor la diferite tensiuni, este indicat aparatul I-4101 (IEMI) care livrează tensiuni stabilizate variabile între 0 — 40 V, la curentul maxim de 4 A, avînd şi protecţie pentru suprasarcină.

Alimentarea corectă a aparatelor etalon din stand, chiar în cazul variaţiilor de tensiune, se realizează cu ajutorul uneia dintre sursele stabilizate de tensiune alternativă (190—240 V) de tipul I 4201, pentru 1 000 VA şi I 4202 pentru 5 000 VA.

De mare utilitate într-un laborator de radiotelefoane este măsurătorul de cîmp, cu care se verifică limita de lucru normală a emiţătoarelor şi impedanţmetrul de înaltă frecvenţă, pentru verificarea şi reglarea antenelor.

Alături de aparatele de mai sus sînt necesare şi două-trei volt-ampermetre cu rezistenţa interioară de 20 — 50 Kohmi/volt, un microampermetru cu zero central, pentru reglarea discriminatoarelor, un megohmetru de 500 V pentru verificarea rezistenţei de izolaţie faţă de masă, a convertoarelor din RTM, ohmetre, truse de scule şi bineînţeles, un radiotelefon de control, cu toate frecvenţele unităţilor a căror aparate le întreţine laboratorul respectiv.

În afara aparatelor individuale, fabricile furnizoare de radiotelefoane livrează şi mese de verificare complexe, dotate cu întreaga aparatură necesară radiotelefoanelor.

În tehnica radiotelefoniei există în prezent, cîteva zeci de tipuri de mese pentru verificat radiotelefoane.

Între acestea este masa de verificare gen birou, tip UMP. 1.1 cu 16 unităţi, livrată de VEB FUNKWERK KOPENICK — BERLIN — RDG pentru radiotelefoanele UFS 601 şi UFT 422, ce se află exploatate în ţară.

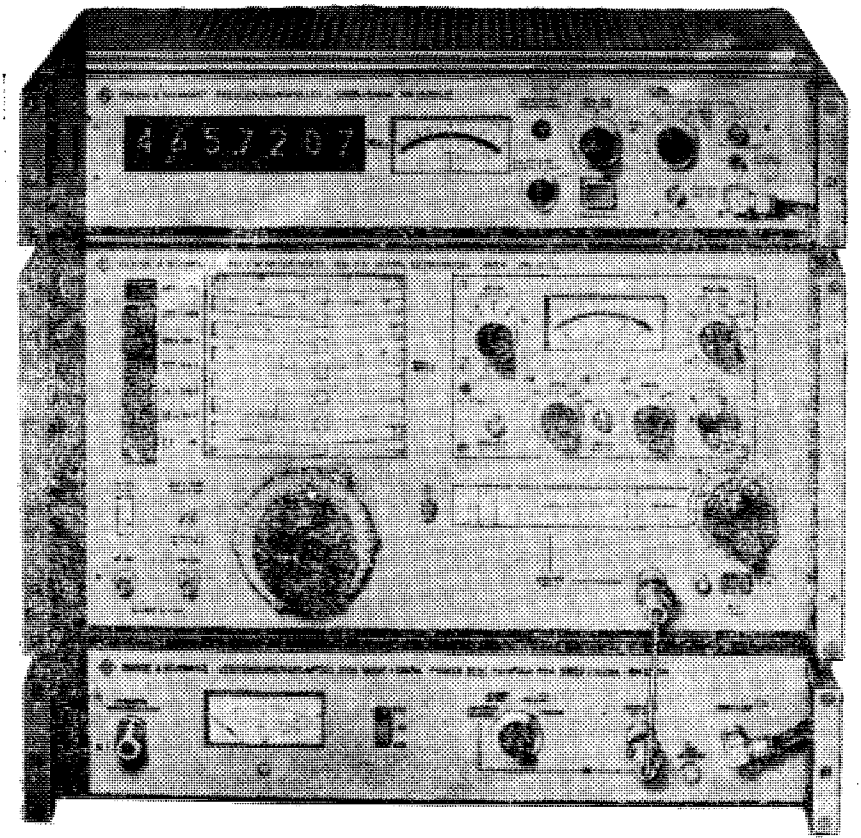


Fig. 9.1 Bancul pentru verificat radiotelefoane.

Firma ROHDE — SCHWARZ produce bancul de măsurat radiotelefoane compus din trei unități (Meßplatz für Sprechfunkgeräte), care cuprinde un numărător, un generator (0,4—490 MHz și 0,1 μV — 1 V), un deviometru, un generator vocal și un Wattmetru (0,01 — 20 W), cît și toate anexele pentru executarea măsurătorilor emițătorului și receptorului, în două-trei minute (fig. 9.1).

În afara productivității ridicate și comodității de lucru, acest stand oferă și protecție împotriva erorilor de măsură (cuplarea emițătorului pe generator). Bancul SMPU — ROHDE — SCHWARZ lucrează automat, programat prin cartele și verifică caracteristica de frecvență, sensibilitatea receptorului, raportul semnal-zgomot, limita inferioară și superioară de lucru a atenuatorului de zgomot.

Bineînțeles că dotarea unui mini laborator poate fi redusă la cîteva aparate universale (V.A. ohmi), un generator de joasă frecvență, un generator de înaltă frecvență, un deviometru, un milivoltmetru electronic pentru înaltă frecvență ce se poate utiliza și ca Wattmetru și eventual un numărător.

Aceste aparate cît și deviometrul, wattmetrul, generatorul de RF și un complet (banc) de verificat RT se vor produce la IEMI București.

9.2. Documentația laboratorului

Tehnica specială specifică radiotelefoniei mobile cere personalului laboratorului să se autodoteze cu toată documentația radiotelefoanelor și aparatelor de măsură utilizate.

Din acest motiv, pe lîngă fiecare laborator trebuie să existe o bibliotecă colectivă, cu documentații, scheme, prescripții, regulamente, cataloage, prospecte, planșe. În anexa XII, din Regulamentul stațiilor de radiocomunicații din Republica Socialistă România sînt înscrise documentele cu care trebuie să fie prevăzute stațiile de radiocomunicații, și implicit, laboratorul radio, unitate de verificări și control tehnic.

Acestea sînt :

— Autorizația de folosire a RT de control.

— Certificatele sau permisele personalului de deservire operațională și tehnică.

— Regulamentul stațiilor de radiocomunicații din R.S.R.

— Regulamentul personalului de deservire a stațiilor de radio din R.S.R.

— Regulamentul radiocomunicațiilor (UIT).

— Normele de tehnica securității.

— Schemele de principiu ale emiţătoarelor, staţiilor, cu modificările aduse pe parcurs.
— Jurnalul de staţie.
— Dovada de plată a taxelor de folosinţă.

9.3. **Evidenţele laboratorului**

Circulaţia radiotelefoanelor între laboratorul de verificări şi locurile de lucru trebuie să se facă pe bază de documente scrise, iar predarea şi preluarea lor din laborator, se face tot pe bază de documente scrise.

În vederea urmăririi evoluţiei stării tehnice a radiotelefoanelor, în laborator vor exista registre de evidenţă a radiotelefoanelor, pe unităţi, în care se rezervă cîteva pagini pentru fiecare aparat.

Pe fiecare din pagini se notează seria aparatului, caracteristicile tehnice, data dării în exploatare, măsurătorile executate la darea în exploatare, (conform art. 12 din Regulamentul staţiilor), numele executantului.

În continuare, la fiecare prezentare a radiotelefonului în laborator se notează în registru data, lucrările şi rezultatul măsurărilor executate.

Aceleaşi rezultate se înscriu în fişa de măsurări şi reparaţii ce se predă sub semnătură posesorului radiotelefonului, odată cu aparatul reparat.

9.4. **Activitatea laboratorului**

Buna funcţionare a radiotelefonului impune ca laboratorul radio să-şi desfăşoare activitatea pe două planuri : la sediul laboratorului unde se aduc aparatele pentru verificări şi reparaţii planificate sau accidentale şi pe teren, pentru verificarea condiţiilor reale de lucru a radiotelefoanelor.

De regulă pe teren este necesar să se verifice sursele de alimentare a RT, starea cablurilor de antenă, puterea emiţătoarelor şi adaptarea RT — cablu — antenă.

De asemenea se va verifica intermodulaţia, care apare în cazul funcţionării simultane a radiotelefoanelor apropiate, cît şi modul de manipulare al aparatelor de către operatorii radio.

Aparatele necorespunzătoare se aduc la laborator pentru verificări complexe.

10. PRINCIPII DE VERIFICARE ȘI DEPANARE A RADIOTELEFOANELOR

Radiotelefoanele fiind aparate complexe, verificarea, reglarea și depanarea lor, se poate executa numai de personal calificat, autorizat și dotat cu echipamentele de măsurat potrivite. De regulă operațiile de mai sus se execută în laboratoare, ateliere speciale sau unități de service.

Indiferent care este motivul pentru care un radiotelefon se verifică, inițial acesta trebuie supus unui examen sumar, pentru a se stabili care este blocul ce nu funcționează : alimentatorul, receptorul sau emițătorul. Această verificare este necesară, deoarece rareori sînt defecte cele trei blocuri.

Se începe verificarea prin examinarea sursei de alimentare și a alimentatorului aparatelor mobile și fixe, la care trebuie să se audă frecvența convertorului. Aceasta se schimbă la trecerea din recepție în emisie.

Prin simpla acționare a butonului atenuatorului de zgomot se verifică receptorul. Prezența zgomotului puternic indică starea aproximativă bună a lanțului receptor.

Emițătorul se verifică sumar cu un wattmetru-reflectometru, sau cu un simplu indicator de cîmp.

În timpul trecerii din recepție în emisie trebuie să se audă și zgomotul releului (RTM, RTF, UFS, USE etc.).

Blocul defect odată stabilit se poate trece la localizarea metodică a defecțiunii pe baza unui număr cît mai mic de măsurări și intervenții în structura internă a radiotelefonului.

Intervențiile, înlocuirea la întîmplare a pieselor, dezlipirea și schimbarea poziției unor piese în lanțul de înaltă frecvență produce dezacordarea unor circuite și pierderea performanțelor aparatului.

Pentru a se reduce numărul de măsurări, tehnica depanării moderne indică împărțirea lanțului funcțional defect al emițătorului sau receptorului în două tronsoane.

Dintre acestea, numai la unul se verifică caracteristicile electrice globale. Dacă acestea corespund, defectul se află în tronsonul celălalt, cu care se procedează la fel, remediindu-se etajul defect.

De exemplu : Emițătorul se poate considera compus din tronsonul I, de joasă frecvență cuprins între microfon și modulator cît și tronsonul II de înaltă frecvență, cuprins între oscilatorul-modulator și mufa de antenă. Tronsonul I al receptorului se poate considera între mufa de antenă și intrarea filtrului *Fi*I, iar tronsonul II de la acest filtru la difuzor. Avantajul acestei împărțiri este că la intrarea filtrului *Fi*I se poate injecta un semnal de 10,7 MHz, de la un generator *MF* stabilizat cu cuarț, verificîndu-se astfel circuitele *Fi*I, *Fi*II, discriminatorul și lanțul de joasă frecvență. De regulă se începe cu discriminatorul.

În mod obișnuit depanarea emițătorului și receptorului se face începînd cu ultimul tronson.

Emițătorul se verifică începînd cu frecvența oscilatorului care se urmărește în tot lanțul spre antenă. La urmă se verifică tronsonul de joasă frecvență și modulația.

Tronsoanele receptorului, se verifică prin metoda clasică a injecției de semnal, măsurînd valorile din punct în punct, conform indicațiilor date la fiecare tip de aparat.

Rezultatele se compară cu valorile prescrise.

Metoda urmăririi semnalului introdus la intrarea tronsonului, cu ajutorul unui dispozitiv compus dintr-un detector cu cîteva etaje de amplificare și o cască în care se aude semnalul demodulat, la ieșirea fiecărui etaj este dificil de aplicat, deoarece dispozitivul ar necesita un detector *MF* (discriminator), puțin eficace în etajele de RF și *Fi*I și *Fi*II.

Nu este indicată demontarea pieselor considerate defecte înainte de a se executa măsurări în regim dinamic (performanțele electrice sub semnal), în regim static (curenții și tensiunile de polarizare) și chiar la rece (verificarea individuală a componentelor cu aparatele adecvate).

Întrucît înlocuirea unui tranzistor presupus defect implică operații dificile, este de dorit ca înaintea demontării să fie verificat în toate variantele posibile.

De exemplu un tranzistor în montaj *EC* cu rezistență de emitor se verifică măsurîndu-se tensiunea în cazul polarizării normale,

cît și în cazul cînd baza se conectează la masă (capătul rezistenței de emitor) fiindcă tensiunea de emitor trebuie să scadă.

Eventual se conectează baza la masă și printr-o rezistență cu valoarea pe jumătate din rezistențele normale. Tensiunea pe rezistența de emitor va fi 1/2 din U normal.

Lipirea și dezlipirea tranzistoarelor se face rapid cu pistolul de lipit sau ciocane cu puterea de 20 — 40 W și tensiunea de 6 — 12 V.

Pentru a se evita curenții de fugă (datorită izolației slabe), ce se pot închide între aparatul pus la masă sau sub tensiune și ciocanul de lipit, alimentat direct din rețeaua de 220 V (care ar putea distruge tranzistoarele), nu sînt permise ciocane de lipit de 220 V.

Terminalele tranzistoarelor și altor piese noi vor avea lungimea terminalelor pieselor ce se înlocuiesc, pentru a nu schimba caracteristicile circuitelor de înaltă frecvență.

După repararea etajelor defecte se poate trece la reacordarea circuitelor și verificarea caracteristicilor electrice din prospectul tehnic al aparatului.

Etajele emițătorului, cu excepția etajelor finale, se reglează pentru tensiunea maximă la ieșirea circuitelor care se măsoară (cu voltmetrul electronic conectat printr-un condensator de 10—20 pF).

Etajele finale și filtrele de antenă se reglează pentru puterea maximă măsurată cu wattmetrul conectat la mufa de antenă.

Circuitele receptorului se reacordează în ordinea de la ieșire spre intrare : discriminator, etajele de frecvență intermediară FiII și FiI, etajele de înaltă frecvență, iar la urmă amplificatorul de joasă frecvență cu atenuatorul de zgomot.

Întrucît reglarea defectuoasă a discriminatorului provoacă distorsionarea semnalului recepționat și reducerea sensibilității, depanarea receptorului începe obligatoriu cu verificarea discriminatorului și simetrizarea curbei în S.

Verificarea este necesară și datorită faptului că în timpul reglării receptoarelor, discriminatorul (la care se conectează un microampermetru cu zero la mijlocul scalei), se utilizează și ca indicator de acord al frecvenței generatorului de înaltă frecvență, pe frecvența canalului ce se verifică.

Reglarea discriminatorului se execută conectînd un microampermetru de c.c. cu scala de (+50 ; 0 ; —50) μA, în punctul de zero al discriminatorului simetric, iar un generator cu frecvența *Fi* ± ± 0,2 kHz, stabilizat cu cuarț, la intrarea etajului *Fi*II.

După acordarea circuitelor *Fi*II pentru tensiunea maximă, la intrarea discriminatorului (măsurată cu un voltmetru electronic), se reglează și simetrizează discriminatorul pentru sensibilitate ridicată și distorsiuni minime : deviație maximă la voltmetrul electronic conectat pe circuitul de ieșire și zero la microampermetru, în prezența semnalului *Fi*II nemodulat, cît și mici deviații pozitive și negative față de zero, în prezența semnalului *Fi*$\pm$5 kHz.

Alinierea circuitelor de frecvență intermediară se execută pe cel de al doilea maxim, care asigură o sensibilitate mai mare. Alinierea pe primul maxim este evidențiată de distorsiuni neliniare mari, la semnale puternice.

În continuare se verifică etajele *Fi*I cu un semnal de 10,7 MHz, furnizat tot de un generator stabilizat cu cuarț.

Cînd lipsește generatorul *Fi*II stabilizat cu cuarț se poate utiliza generatorul de 10,7 MHz pentru reacordarea etajelor *Fi*I, *Fi*II și discriminatorului cu condiția ca să se verifice și regleze în mod precis frecvența oscilatorului local II (*Fo*II).

După terminarea acestor reglaje și reglarea frecvenței oscilatorului local I se pot reacorda și celelalte etaje de înaltă frecvență, măsurîndu-se sensibilitatea limitată și caracteristicile amplificatorului vocal.

În timpul acestor reglaje microampermetrul conectat în punctul de zero al discriminatorului, indică acordul corect al generatoarelor pe frecvența de lucru. Se deconectează cînd se măsoară sensibilitatea, distorsiunile și caracteristicile amplificatorului vocal.

10.1 Dispozitive pentru depanarea, reglarea și verificarea rapidă

Se elimină circuitele exterioare improvizate utilizînd un pupitru pentru conexiuni cu aparatele de măsură.

Ca exemplu prezentăm pupitrul din figura 10.1 destinat pentru verificarea radiotelefoanelor UFT (la care difuzorul funcționează și ca microfon), urmînd să fie adaptat și pentru alte tipuri de aparate. Comutatorul *C*1 cu 4 secțiuni realizează trecerea RT din recepție în emisie, *C*2 permite verificarea generatorului de apel, iar *I* 1 conectează rezistența de sarcină *Rd* sau difuzorul *D*, la circuitul de ieșire al receptorului.

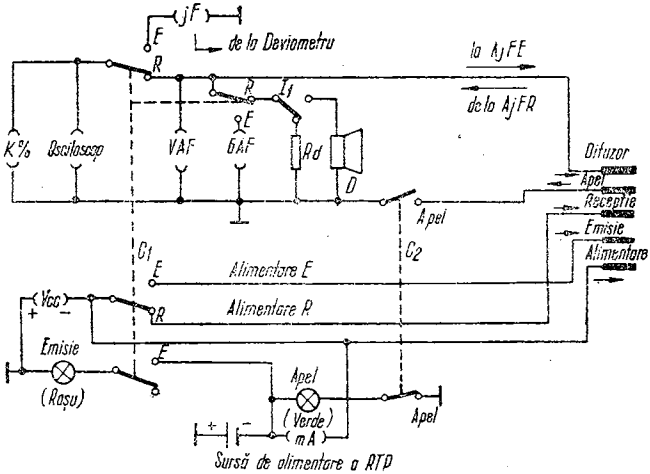


Fig. 10.1 Pupitru pentru verificarea radiotelefonului portabil.

Pentru a se evita radiaţiile parazite cînd se măsoară puterea, frecvenţa şi deviaţia canalelor RT, este necesar să se confecţioneze indicatorul de putere *IF*, din figura 10.2.

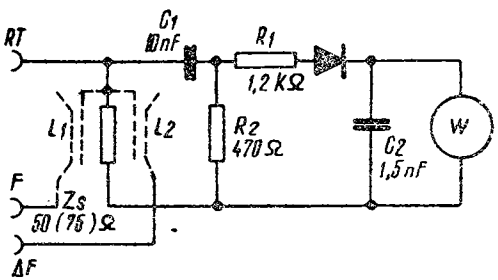


Fig. 10.2 Indicator de putere cu circuite de cuplare a frecvenţmetrului şi deviometrului (numărătorului).

Rezistenţa de sarcină Zs (de 50 sau 60 sau 75 ohmi) de tip aglomerat cu puterea de 5—10 W, se ecranează într-o carcasă de aluminiu.

Mufele pentru frecvenţmetru (F) şi deviometru (ΔF), se conectează la cîte o lamelă situată în cîmpul electric al rezistenţei de sarcină. Miliampermetrul (1 mA) se gradează în waţi. Rezistenţele $R1$, $R2$ se ajustează după necesităţi.

Verificarea sumară a mărimii semnalelor de înaltă frecvență, în diferite puncte se face cu sonda din figura 10,3, ce se poate monta într-un tub de aluminiu, prevăzut cu o fișă de palpare.

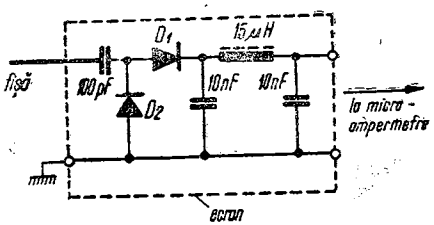


Fig. 10.3 Sondă de înaltă frecvență pentru depanare.

După necesități sonda se conectează la un microampermetru cu scala de (+50 ; 0 ; —50) μA având Ri = 1 000 ohmi sau la un multimetru cu rezistența internă de 20 kohmi/volt și gamele de: 0—2,5 V ; 0—10 V ; 0—25 V ; 0—50 μA.

Tabelul 10.1.

Noi radiotelefoane tranzistorizate

Radiotelefoane Fixe

Tipul / Țara	Frecvența de lucru MHz	Intervalul dintre canale MHz	Numărul de canale	Impedanța Ohmi	Caracteristicile: Puterea IF W	Deviația maximă kHz	Sensibilitatea μV	Selectivitatea dB	Puterea W/ohmi
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RTF-MF-S România	30—41 56,5—58 73—76 146—174	25	6	50	20/10	5	0,5	80	5/8 2,5/16
USE-600 R.D.6	68—87,50 150—174	25	16		10/3	5	0,8	75	1/39
CQF—600	68—88 146—174 420—470	25/12,5	6	50	10/6	5/2,5	0,35	80	1
LION-VHF-FM BURNDEPT Anglia	71,5—88 156—174	25/12,5	10	50	25/5	5/2,5	0,8	70	3/3
FM-3302 RADMOR Polonia	156—162	25	55	50	25/1	5	0,5	80	1/2

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PALMAII URSS	140—174	50	3	75	8	10	1	70	0,5
TELEDUX TELEFUN-KEN RFG	68—87,5 146—174 455—470	25/20	10—60	50	30/6/3	5/4	0,35	70	2,5/4
71-RTS-A2 FM JRU-SS URSS	150—156	50	3	75	8	10	1	85	2,5
Radiotelefoane mobile									
RTM-MF-S România	30—41 56,5—58 73—76 146—174	25	8	50	20/10	5	0,5	80	5/8 2,5/16
CQM 600 Storno	68—88 146—470 420—470	25/20	12	50	6/10	5/4	0,3/0,4	70	2
CQM 700	68—88 146—174 420—470	25/12,5	6	50	25/10 —8	5/2,5	0,6	85	2
UFS 601 KOPENIK R.D.G.	150—174	25	10	60	9	5	0,6	90	1
VR 20 Tesla R.S.C.	32—35 44—46 73—84 150—174	25	12	75	10	5	0,4	80	1,5
FM 10—164 BUDAVOX Ungaria	136—174	25/20	12	50	20/2	5/4	0,4	70	0,6
FM 306 RADMOR Polonia	148—174	25/50	12	75	6	15	1	70	1
FM-3001 RADMOR Polonia	31—46 70—88 100—108 146—174 300—344 420—470	25	10	75	5/10	—	0,5	—	1,5
FM-3001 RADMOR Polonia	30—46 70—88 100—108 148—174 300—344 420—470	25/12,5	10	75	10/5	5/2,5	1	—	1,5

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
TELE-CARTS TELE-FUNKEN R.F.G.	68—87,5 146—174	25/20	10	50	6/1	5/4	0,35	80	0,8/6
72-RTS-A2 FM JRU-LS URSS	150—156	50	3	75	8	10	1	85	2,5
Radiotelefoane portabile									
RTP-MF-S România	30—41 56,5—58 68—88 145—175	25	6	50	0,7/0,5	5	0,7	80	0,25
VXW-100	33—35 44—46 73—78 78—84 88—88,2 146—158	25	8	75	1	5	0,7	60	0,4
RSD-67 Bulgaria	46—48 54—58 148—160 154—174	50/25	3		0,1—0,5	15/5	0,5	75	0,2
UFT-422 R.D.G.	150—174	25	4	50	0,4	5	0,8	70	0,25
UFT-721 R.D.G.	146—174	25	4	50	0,5	5	0,7	75	0,5
CQP-800 STORNO	68—88 146—174 420—470	25/12,5	12	50	1,5—0,1	5/2,5	0,35	85	0,3
CQP-500 STORNO Danemarca	68—88 420—174 146—174	25/12,5	3	50	1/0,3	5/2,5	0,6	80	0,2
FM 315 318 RADMOR Polonia	31—47 146—174 300—308 336—334 420—470	25/50	3	75	0,5	15	0,4	70	0,2
XF 617 R ITT	146—174	20/25	5	50	1,8	5	0,35	60	0,4
FM 3101 UNITRA Polonia	31—47 146—147 300—344 420—470	25	4	50	2/0,5	5	0,7	76	0,2
FM 05-165 Ungaria	136—174	25	4	50	0,4	5	0,5	80	0,05

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B.E. 433 BURNDEPT Anglia	420—450 450—470	25	1	50	0,4	5	0,75	80	0,06
XF 617 BELL-TE-LEPHONE Belgia	146—174	20	5	50	1,8	4	0,25	60	0,4
TELEPORT VII 460 TELEFUN-KEN	445—470	25/20	5	50	1/0,1	5/4	1,4	70	0,3/15
Radiotelefoane transportabile									
CQP 600 Storno	68—88 146—174	25/12,5	12	50	10/6	5/2,5	0,3	80	1

11. RADIOTELEFONUL PORTABIL RTP-MF-S

Radiotelefonul portabil românesc (RTP) cu modulație de frecvență (MF), este destinat să lucreze în diferite benzi de frecvențe alocate radiotelecomunicațiilor. Din acest motiv se construiește în mai multe variante, ca :

— RTP 1 MF-S pentru banda de 30 ... 41 MHz ;
— RTP 2 MF-S pentru banda de 56,5 ... 58 MHz ;
— RTP — 3 MF-S pentru banda de 68 ... 88 MHz ;
— RTP — 4 MF-S pentru banda de 145 ... 175 MHz.

Poate fi folosit pentru traficul în simplex (S) sau semiduplex (SD).

Aparatul poate lucra pe șase canale.

Difuzorul cu magnet permanent și putere de 0,5 W (impedanța de 70 ohmi), se folosește și ca microfon în cazul emisiei. Aparatul poate fi dotat și cu microreceptor, prevăzut a lucra în mediu cu zgomot mare.

În continuare se prezintă aparatul RTP-4 MF-S.

Caracteristici :

— Numărul de canale (maxim) 6 ;
— Lățimea benzii de frecvență maximă (ecart maxim între canalele extreme) : 800 kHz ;
— Banda de joasă frecvență : 300...3 000 Hz ;
— Temperatura de lucru —40 ... +55° C ;
— Greutatea : 1,3 Kg cu bateria de alimentare ;
— Puterea nominală de emisie : 0.6 W ± 1 dB ;
— Intervalul dintre canale : 25 kHz ;
— Deviația maximă de frecvență : ± 5 kHz ;
— Deviația nominală de frecvență pentru frecvența vocală de 1 000 Hz: ± 3,3 kHz ;
— Stabilitatea frecvenței oscilatorului (de la —25 ... +40°C și alimentare între 10 și 14 V) : $\pm 10.10^{-6}$ (la 145—175 MHz) ;

— Caracteristica de audiofrecvenţă : 300—3 000 Hz ;
— Coeficientul de distorsiuni neliniare pentru deviaţia de ±5 kHz : K < 10% ;
— Impedanţa de ieşire : 50 ohmi ;
— Puterea radiaţiilor parazite;
a) armonice : 20 μW ;
b) alte radiaţii : 0,2 μW;
— Nivelul la intrarea de microfon : 4 mV ;
— Sensibilitatea pentru 12 dB SINAD : 0,7 μV ±2 dB ;
Selectivitatea faţă de canalul adiacent (stabilită prin metoda cu două semnale) : 80 dB ;
— Intermodulaţia (stabilită prin metoda cu trei semnale): 70 dB ;
— Radiaţia parazită : 0,001 μW ;
— Puterea în joasă frecvenţă pentru 1 000 Hz şi deviaţia maximă 200 mW ;
— Nivelul zgomotului : < —40 dB ;
— Sursa de alimentare: baterie de acumulatoare din 10 buc. pile Ni-Cd, cu capacitatea totală de 500 mA (tip R6) ;
— Tensiunea nominală : 12 V;
— Limite de variaţie admisibile ale alimentării : 10...14,4 V ;
— Curentul : la emisie, 270 mA; la recepţie normală : 25 mA ;
— Durata de funcţionare: circa 20 h, din care 1 h pentru emisie.

11.1. Construcţia

Radiotelefonul RTP-MF-S este montat într-o carcasă metalică, confecţionată dintr-un aliaj de aluminiu turnat sub presiune.

La partea din spate a aparatului se găseşte bateria de electroalimentare, fixată în casetă printr-un şurub.

Deşi radiotelefonul poate fi prevăzut cu apel selectiv, în mod curent, nu se foloseşte.

Radiotelefonul este dotat cu o antenă verticală, confecţionată din lame de oţel. Antena are lungime de $\lambda/4$.

Din punct de vedere constructiv, radiotelefonul este realizat sub forma unor unităţi, pe care se grupează elementele care intră în acelaşi sistem funcţional. Împărţirea elementelor pe unităţi a suferit modificări. Astfel, radiotelefoanele, din seria iniţială de fabricaţie aveau împărţirea deosebită de radiotelefoanele apărute din anul 1971 care au împărţirea din schema — bloc arătată în figura 11.1 b.

Ţinînd seama de faptul că în prezent se folosesc radiotelefoane din ultima serie, se va analiza o schemă de acest gen.

Este de remarcat soluţia, interesantă din punct de vedere economic, a generatorului de frecvenţă înaltă (de canal), stabilizat cu

cuarț și folosit în comun, fie pentru recepție, fie pentru emisie, cu ajutorul unui etaj de amestec, evitîndu-se astfel cele două generatoare de frecvență înaltă (unul pentru emisie și altul pentru recepție), utilizate în alte RT.

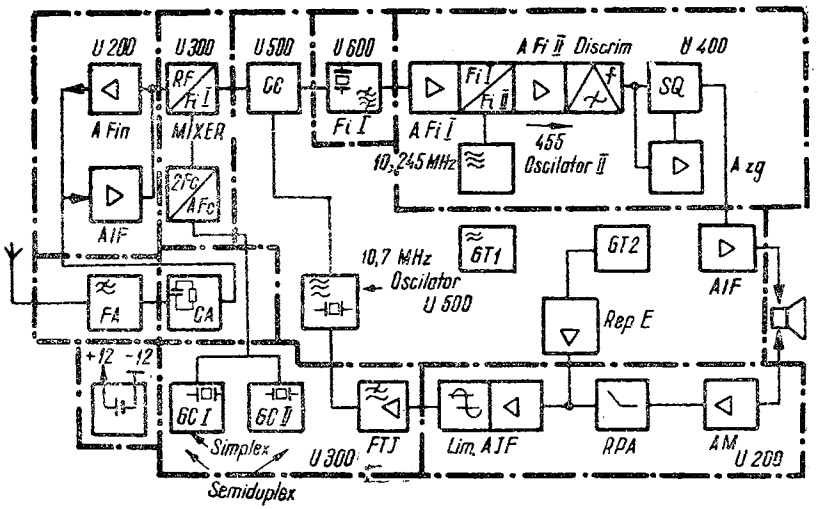


Fig. 11.1 Radiotelefonul RTP-MF-S. Schema bloc.

Datorită faptului că unele elmente din radiotelefonul RTP-MF-S se utilizează în comun, atît la emisie, cît și la recepție, schema electrică a aparatului diferă față de alte tipuri. Spre exemplificare se vor urmări elementele aparatului RTP-4 MF-S.

Emisia

Semnalul de emisie sosit de la microfon se aplică unui etaj amplificator de microfon *AM*, la ieșirea căruia este preaccentuat cu ajutorul unei rețele speciale *RPA*, după care este din nou amplificat în amplificatorul de joasă frecvență, folosit ca amplificator de modulație și limitat în etajul special *Lim.* În continuare, trece prin filtrul „trece jos", realizat cu tranzistoare, ajungînd la oscilatorul de 10,7 MHz, a cărui frecvență este modulată cu ajutorul unei diode varicap.

La ieșirea etajului folosit ca modulator și oscilator de 10,7 MHz se află circuitul de comutare *CC* prin care semnalul de 10,7 MHz

modulat trece într-un etaj de amestec (mixer), folosit, în cazul emisiei, ca multiplicator prin amestec.

La acest etaj se aduce și frecvența înaltă a unui generator pilot (de canal), care lucrează în banda de 67,65 ... 68,16 MHz (de exemplu), pe una din frecvențele determinate de cristalul de cuarț, specific pentru fiecare canal.

În cazul sistemului de lucru în „simplex" se folosește un singur generator de canal *GCI*, iar în sistemul „semiduplex" două generatoare *GC I* și *GC II*, știindu-se că acest gen de lucru folosește o frecvență la emisie și alta la recepție.

Cu ajutorul unui etaj multiplicator frecvența generatorului de canal *Fc* este dublată și condusă la etajul de amestec (Mixer).

Ca efect al procesului de multiplicare aditiv din mixer, se obține un semnal cu frecvența nominală a canalului *Fn*, calculată în baza relației : $Fn = 2Fc + 10{,}7$ MHz, deoarece frecvențele $2Fc - 10{,}7$ MHz și $2Fc$ apar ca produse de modulație, parazitare.

Semnalul *Fn* rezultat își păstrează modulația în frecvență de la semnalul de 10,7 MHz și are deviația de frecvență maximă de $\pm$ 5 kHz.

După multiplicare semnalul este apoi amplificat în amplificatorul cu puterea de 0,6 W *A Fin* clasa *C*.

Trecînd printr-un circuit acordat *CA* prin filtrul de antenă „trece jos" *FA*, care elimină armonicile superioare, semnalul de *RF* ajunge în antenă.

Recepția

Semnalul de *RF* recepționat din antenă trece prin aceleași elemente *FA* și *CA*, parcurgîndu-le în sens invers. Deoarece la ieșirea circuitului acordat se află și amplificatorul de înaltă frecvență pentru recepție, semnalul trece prin acesta și atacă etajul de amestec *Mixer I*, care va lucra ca schimbător de frecvență. La acesta sosește și frecvența $2Fc$ de la oscilatorul de canal.

În acest caz, la ieșirea etajului se extrage frecvența intermediară de 10,7 MHz, obținută pe baza relației : $Fi\ I(10{,}7\ \text{MHz}) = Fn - 2Fc$.

Frecvența de 10,7 MHz se separă prin circuitul de comutare și se selectează prin filtrul de bandă realizat cu cuarț, urmînd a fi din nou introdusă în al II-lea schimbător de frecvență *Mixer* II, unde prin amestec cu frecvența de 10,245 MHz, obținută de la un alt generator local, se obține a II-a frecvență intermediară *Fi* II, de 455 kHz.

În amplificatorul *AFi* II se ridică nivelul semnalului și se limitează în amplitudine, suprimîndu-se modulația parazită.

Semnalul de joasă frecvență se extrage cu ajutorul discriminatorului și se amplifică în etajul amplificator de joasă frecvență recepție.

Radiotelefonul este dotat, de asemenea, cu un dispozitiv Squelch, compus din circuitul de Squelch CSQ și amplificatorul de zgomot *A zg* care în lipsa purtătoarei amplifică și detectează zgomotele tranzistoarelor și cu ajutorul acestui semnal blochează amplificatorul de joasă frecvență. Pentru apelul selectiv, radiotelefonul este dotat cu două generatoare *GT* 1 și *GT* 2 conectate printr-un repetor pe emitor *Rep E.*

11.2. Funcționarea

În vederea cunoașterii elementelor radiotelefonului RTP-4MF-S, acestea se vor analiza în ordinea funcționării, arătîndu-se și unitatea în care se află (planșa 1).

● **Emițătorul**

Amplificatorul de microfon, amplificatorul de joasă frecvență, limitatorul (U 200). Semnalul de convorbire sosit din dispozitivul acustic difuzor-microfon, cu tensiunea de 4 mV, se aplică prin *C* 217 la emitorul tranzistorului *T* 222, în montaj *BC*, de la acesta, trece printr-un condensator de cuplaj pe baza tranzistorului *T* 221 în montaj *EC*. Pentru a mări stabilitatea montajului față de variațiile de temperatură, baza este alimentată din circuitul de colector prin *R* 227. Prin condensatorul *C* 213, 4,7 nF, conectat în serie cu impedanța de intrare a tranzistorului T 213 *(RPA)*, se realizează preaccentuarea frecvențelor înalte din banda medie de 6 db/octavă.

Rezistența nedecuplată *R* 216 din emitorul *T* 213 asigură reacția negativă de curent pentru îmbunătățirea stabilității, cu temperatura și reducerea distorsiunilor neliniare. În cazul utilizării unui micro-receptor semnalul acestuia se aplică direct la *C* 213. Apoi semnalul este trecut printr-un limitator de amplitudine, construit cu diodele *D* 211 și *D* 212. Aceste diode sînt polarizate direct, prin rezistența *R* 212 conectată la sursa de tensiune cu polaritatea + 12 V, stabilizată prin dioda Zener *D* 548.

Limitarea la nivelul de 0,5 V se produce astfel:

În timpul semnalelor puternice ce depășesc nivelul tensiunii de polarizare a diodelor, crește rezistența de trecere a acestora asigurînd o limitare simetrică. Se oprește astfel pătrunderea sem-

nalelor puternice în lanțul de emisie, evitîndu-se depășirea deviației de frecvență nominală.

Filtrul de joasă frecvență (U 300). Semnalul limitat este amplificat de tranzistorul *T* 363, în montaj *EC*.

În varianta inițială a radiotelefonului RTP, acest etaj se află în comun cu limitatorul.

Tranzistorul *T* 361, la care ajunge semnalul, lucrează ca filtru trece jos, datorită elementelor *R* 364 și *C* 361. Condensatorul *C* 363 asigură o reacție negativă de trecere, dependentă de frecvență. În acest fel se limitează banda de frecvență vocală la 3 000 Hz.

Semnalul de audiofrecvență se culege din emitorul tranzistorului *T* 361. *Mărimea acestuia se poate regla prin R 361 între 1,5 și 3,9 Kohmi, spre a nu se depăși deviația de frecvență nominală.*

Odată cu limitarea benzii de frecvență, în filtrul trece jos se produce și integrarea semnalelor vocale, pentru ca la ieșirea modulatorului să se obțină și modulația de frecvență.

Oscilatorul de 10,7 MHz (U 500). Semnalul de audiofrecvență integrat ajunge la oscilatorul de 10,7 MHz cu modulator.

Acest oscilator de tip Colpitts are o ramură inductivă cu *L* 511 și o ramură capacitivă compusă din *C* 563, bobina *L* 541 în paralel cu cuarțul *Kr* 541, dioda varicap *D* 549, *C* 555 și *C* 553.

Dioda varicap se comportă ca o capacitate variabilă, a cărei mărime depinde de tensiunea frecvenței vocale integrate (frecvențele înalte au tensiunea mai mică decît cele joase).

Circuitul de polarizare a diodei este format din rezistența *R* 560, bobina *L* 541 și rezistențele *R* 554 și *R* 552, dioda fiind polarizată invers, prin folosirea unei tensiuni pozitive, stabilizate prin dioda Zener *D* 548.

Deoarece capacitatea diodei variază în funcție de tensiunea de audiofrecvență ce i se aplică prin *C* 557, se produc variații ale frecvenței de oscilație.

Frecvența de 10,7 MHz modulată apare la bornele rezistenței *R* 548, de unde trece prin *R* 547 la baza tranzistorului *T* 543, din etajul amplificator separator.

Prin circuitul acordat *L* 501 și *C* 548, semnalul modulat în frecvență este selectat, iar prin *C* 546 se extrage, aplicîndu-se la etajul de amestec, prin intermediul circuitului de comutare din *U* 500 :

Acest circuit permite separarea emisiei de recepție. La emisie, permite semnalului de 10,7 MHz să treacă spre *Mixer*, dar scurtcircuitează intrarea filtrului de cuarț din receptor, prin dioda *D* 541, care în timpul emisiei primește + 12 VE.

Etajul de amestec, oscilatorul de canal şi etajul de dublare (U 300). Frecvenţa de 10,7 MHz modulată în MF se transpune în banda alocată cu ajutorul mixerului, la care soseşte şi frecvenţa unui oscilator local de canal.

Radiotelefoanele în montaj „simplex" folosesc un singur oscilator local de tip Colpitts, care poate lucra pe şase frecvenţe fixe, determinate de cristalele de cuarţ, folosite pentru stabilizare.

Oscilatorul este construit cu tranzistorul *T* 341.

Circuitele oscilante *L* 301 ... *L* 306 şi *C* 341 ... *C* 346, înseriate cu cristalele de cuarţ *Kr* 341 ... *Kr* 346, lucrează pe frecvenţa de rezonanţă serie a cristalelor cu cuarţ.

Rezistenţele *R* 341 ... *R* 346 amortizează circuitele echivalente ale cristalelor.

Tranzistorul T 341 din etajul oscilator este alimentat în serie cu tranzistorul *T* 311, folosit ca etaj de dublare.

Oscilaţiile obţinute în colectorul tranzistorului *T* 341, se aplică la dublor, prin intermediul condensatorului *C* 317.

Etajul de dublare este executat în montaj EC şi funcţionează la saturaţie.

Prin circuitul *Tr* 312, *C* 315 şi *C* 316 se extrage armonica a II-a a frecvenţei oscilatorului de canal *Fc*, şi se aplică la intrarea etajului de amestec, în primarul *Tr* 321.

La sistemul semiduplex se foloseşte la recepţie oscilatorul *T* 341, iar la emisie *T* 351.

Circuitul oscilant serie, realizat cu *C* 314 şi *L* 314, amortizat cu *R* 314 pentru a i se lărgi caracteristica de frecvenţă, elimină frecvenţa perturbatoare *FC*.

În acest fel, etajul *Mixer* construit în baza schemei unui modulator în inel cu diodele *D* 321 ... *D* 324, în punte echilibrată, este alimentat cu un semnal 2 *Fc* de la etajul de dublare şi cu 10,7 MHz de la oscilatorul cu modulator.

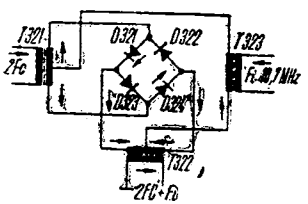


Fig. 11.2 Etajul de amestec.

Funcţionarea acestui mixer aditiv este similară cu a modulatorului în inel, folosit în sistemele de curenţi purtători.

Considerînd, pentru amplificare, că impedanța de trecere a diodelor este egală cu zero, iar impedanța de blocare egală cu ∞, în timpul alternanței pozitive a semnalului de modulație sînt polarizate direct diodele *D* 321 și *D* 324 și blocate diodele *D* 322 și și *D* 323. Curentul 2 *Fc* trece spre *Tr* 322, parcurgînd înfășurarea primară *Tr* 322 într-un sens. La alternanța minus a frecvenței *Fi* sînt polarizate direct diodele *D* 322 și *D* 323 și blocate *D* 321 și *D* 324.

Ca efect, curentul 2 *Fc*, trece invers prin primarul *Tr* 322. Translatorul inelar se comportă ca un comutator pentru sensul curentului.

În acest mod, la ieșirea translatorului de frecvență în inel se găsesc frecvențele utile de combinații 2 *Fc* + *Fi* și 2 *Fc* — *Fi*, deoarece frecvența *Fi* nu mai apare la ieșire, fiind compensată. Dintre acestea se extrage 2 *Fc* + *Fi*. S-a folosit acest modulator, deoarece analiza matematică a spectrului de la ieșire demonstrează că acesta conține cel mai mic număr de frecvențe parazite.

Amplificatorul de putere și circuitul de antenă (U 200). Semnalul MF, obținut la ieșirea mixerului (*Tr* 322), ajunge prin *R* 288 la intrarea amplificatorului RF de emisie, compus din patru etaje construite cu tranzistoarele *T* 243, *T* 240, *T* 237 și *T* 231. Primele trei etaje lucrează în clasa *A* iar ultimul în clasa *C*.

Adaptarea impedanței mici a modulatorului, cu impedanța de intrare a tranzistorului *T* 243, se face prin două circuite de adaptare acordate pe 2 *Fc* + *Fi*, eliminînd și celelalte frecvențe perturbatoare.

De remarcat că circuitul de adaptare este folosit și la recepție, pentru a introduce în mixer semnalul RF recepționat, care se aplică în punctul de conexiuni *C* 265 și *L* 213 în cazul montajului simplex, sau între *C* 269 ... *C* 270 și *R* 288 la semiduplex.

Semnalul emis este injectat pe baza tranzistorului *T* 243 prin *C* 264.

Din circuitul colectorului trece prin *C* 263 la circuitul de intrare al bazei tranzistorului *T* 240. Adaptarea se face printr-un divizor capacitiv.

Pe baza unei scheme asemănătoare sînt construite încă două etaje de amplificare (*T* 240 și *T* 237).

Circuitul de alimentare cu + 12 VR este decuplat pentru fiecare etaj prin rezistențe și capacități (*C* 249, *R* 243, *C* 254, *R* 253, *C* 259, *C* 291).

Etajul final, cu tranzistorul *T* 231 în clasa *C* este conectat cu emitorul direct la masă, spre a se obține amplificarea de putere

mare. Baza sa este polarizată negativ prin *D* 234. Tranzistorul se deschide la aplicarea semnalului în joncțiunea bază-emitor. Pierderea tensiunii de radiofrecvență este blocată de bobina de șoc *L* 252.

Semnalul amplificat trece prin *C* 236 la circuitul de antenă, alcătuit din condensatoarele *C* 232, *C* 233 și bobina *L* 201, care se acordează pentru maxim de putere la ieșire. Circuitul de antenă este conectat cu filtrul de antenă prin cablu coaxial ($Z = 50$ ohmi).

Filtrul de antenă trece jos (*U* 101) construit cu o inductanță și condensatoarele *C* 102 și *C* 103, este prevăzut pentru eliminarea radiațiilor parazite.

Receptorul

Amplificatorul de înaltă frecvență (U 200). Întrucît în radiotelefonul RTP-MF-S antena și filtrul de antenă rămîn conectate permanent în circuitul de emisie și de recepție, semnalul sosit din antenă trece prin circuitul de antenă și prin *C* 235, filtrul *L* 236 și *C* 275, în paralele cu defazorul *C* 276 și *C* 277, ajungînd la baza tranzistorului *T* 252.

După amplificare în acest etaj, semnalul trece prin filtrul derivație *Tr* 240, *C* 283 și *C* 287 la circuitul de comutare, prin care trece la mixer.

În sistemul simplex, semnalul de RF cules de pe filtrul din colector este transmis prin *C* 287 la etajul schimbător de frecvență, care are la intrare circuitul de adaptare și separare a emisiei de recepție (*L* 213, *C* 269 și *C* 270) folosit și la emisie.

Acest circuit face adaptarea cu transformatorul de intrare în mixer. În montajul semiduplex, semnalul de la amplificatorul RF trece și prin circuitul *L* 241, *C* 286 și *C* 289, ajungînd la rezistențele *R* 288 de intrare în mixer.

Evitîndu-se contactele mecanice de separare a emisiei de recepție, în acest radiotelefon se folosește o separare electrică.

Așa cum s-a arătat, cînd lucrează emițătorul, fiind alimentat cu + 12 VE, dioda *D* 246, din circuitul de intrare în primul tranzistor din receptor (*T* 252), primește polaritatea + 12 VE la anod și se deschide, amortizînd circuitul oscilant din baza tranzistorului *T* 252.

Circuitul deschis de diodă are o rezistență mică *R* 273 (1 Kohm), *R* 274 (1 Kohm), *R* 273 (330 ohmi).

Dioda *D* 249 împiedică polaritatea „plus" de la *D* 246 să ajungă la baza *T* 231, care este negativă pentru clasa *C*.

Comutînd alimentarea de pe emisie pe recepție (în poziția recepție), tranzistorul *T* 252 este alimentat prin dioda *D* 249 cu + 12 VR (40 R), iar circuitul diodei *D* 246 va prezenta o rezistență mai mare : *R* 277 (15 Kohmi), *R* 276 (5,6 Kohmi), *R* 274 (1 Kohm), *R* 278 (330 ohmi). Astfel nu mai dezacordează circuitul bazei tranzistorului *T* 252, care trece în conducție. Totodată se aplică polaritatea + 12 VR la catodul diodei *D* 234 care se blochează, întrerupînd circuitul de negativare al bazei tranzistorului final *T* 231 de emisie, care se saturează. Prin saturare, *T* 231 scurtcircuitează o parte din spirele transformatorului, eliminînd pierderea de semnal pe acest circuit.

Mixerul — Schimbătorul de frecvență (U 300). Mixerul este de fapt același etaj de la emisie, care funcționează în sens invers, fiind alimentat cu semnalul de RF sosit din antenă (*Fn* = *Fc* + + 10,7 MHz) și oscilațiile generatorului de canal (2 *Fc*).

La ieșirea acestuia se obține frecvența intermediară 10,7 MHz modulată în frecvență, cu deviația maximă de 5 kHz.

Acest semnal este aplicat prin circuitul de comutare emisie-recepție (*U* 500) la filtrul de cuarț (*U* 600).

Filtrul de 10,7 MHz are banda de trecere de 10,7 MHz$\pm$7,5 kHz cu atenuarea de —3 db.

Pentru frecvențele îndepărtate de 10,7 MHz cu $\pm$25 kHz atenuarea filtrului este de minim 80 db.

Prin acest filtru se elimină frecvențele canalelor adiacente.

Amplificatorul de frecvență intermediară I (*U* 400). Semnalul de 10,7 MHz selectat prin filtrul cu cuarț, trece prin circuitul de adaptare a ieșirii filtrului cu intrarea în amplificatorul *Fi.*

Circuitul este construit cu *C* 431, *L* 401 și divizorul de tensiune *C* 433 — *C* 434, prin care semnalul se aplică la baza tranzistorului *T* 431, care împreună cu *T* 433 formează amplificatorul *RC.*

Deoarece la ieșirea *T* 433 se află transformatorul *Tr* 405, semnalul trece la baza tranzistorului *T* 435, folosit în etajul schimbător III de frecvență. Prin transformatorul *Tr* 405 se aduce tot la baza tranzistorului *T* 435 și semnalul oscilatorului local cu frecvența de 10,245 MHz.

Prin a II-a schimbare de frecvență se obține astfel frecvența de 455 kHz, care este extrasă prin circuitul acordat *L* 409 *C* 445 din circuitul colectorului și filtrată de componentele superioare prin bobina de șoc *L* 431 și *C* 447.

Semnalul cu frecvența de 455 kHz este apoi amplificat în etajele acordate pe cea de a II-a *Fi.*

Frecvența necesară schimbătorului II se obține direct dintr-un oscilator local, tip Colpitts, construit cu *T* 456 și cristal de cuarț. Cristalul funcționează aproape de frecvența sa de rezonanță paralel.

Amplificatorul de frecvență intermediară II. Amplificarea frecvenței de 455 kHz se face prin patru etaje, realizate cu *T* 437, *T* 439, *T* 441 și *T* 443.

Astfel semnalul de 455 kHz, aplicat la baza tranzistorului *T* 437, este amplificat și extras prin *C* 453 și circuitul selectiv *L* 413, *C* 455, care are un factor calitativ ridicat.

În continuare este apoi amplificat prin alte trei etaje de amplificare *RC*.

Ultimul tranzistor *T* 443 funcționează ca limitator pentru semnalele cu nivel mare. Se alimentează prin circuitul de stabilizare format din *T* 447 și dioda Zener *D* 445.

Printr-un cuplaj capacitiv semnalul este introdus în discriminatorul de fază (Foster-Seely).

Semnalul detectat este preluat prin *C* 473 și transmis la etajul separator *T* 454, de la emitorul căruia trece prin *C* 478 și *R* 481 la amplificatorul de audiofrecvență.

Amplificatorul de joasă frecvență (U 500). Semnalul de audiofrecvență (*AF*) sosit de la separator se aplică la baza tranzistorului de preamplificare *T* 554, care se cuplează direct la etajul final clasa *B* cu tranzistoare complimentare (unul tip p-n-p, iar altul tip n-p-n).

Evitîndu-se transformatorul de ieșire clasic, se folosește condensatorul *C* 572, cuplat între difuzor și emitoarele tranzistoarelor.

Cînd, de exemplu, semnalul AF are polaritatea plus, conduce tranzistorul *T* 556 tip *npn*, iar condensatorul se încearcă cu o sarcină electrică, avînd polaritatea plus la emitoare și minus la masă.

În timpul alternanței negative a semnalului *AF*, conduce tranzistorul *T* 558, prin care se descarcă condensatorul *C* 572 cu plus la emitorul pnp.

Prin această funcționare se reface sinusoida AF în înfășurarea difuzorului. Condensatorul *C* 570 este folosit pentru reacția negativă de tensiune, care îmbunătățește caracteristica de frecvență a amplificatorului. Difuzorul este conectat la condensatorul *C* 572 prin comutatorul *S* 541, care are patru poziții fixe de atenuare pentru difuzor și patru pentru capsula receptoare a microreceptorului, ca eventual s-ar folosi.

Este posibilă folosirea rezistențelor de atenuare fără o influență caracteristică a amplificatorului de putere, deoarece aceasta are impedanța mică de ieșire.

Atenuatorul de zgomot — Squelch. Semnalul de zgomot se culege din colectorul tranzistorului *T* 454 prin potențiometrul *R* 477, urmat de filtrul trece sus, format din *C* 490, *R* 488, *C* 491 și *R* 489, care suprimă semnalele sub 5 kHz, selectînd frecvențe de zgomot mai mari de 5 kHz. După amplificarea în *T* 458, zgomotul este redresat cu dioda *D* 460.

Tensiunea negativă obținută prin redresare se conduce la baza tranzistorului *T* 462, la care se găsește și tensiunea stabilizată de la *T* 447, prin *R* 496 pentru bază și *R* 498 pentru colector.

Drept consecință, se blochează *T* 462 și se reduce căderea de tensiune cu polaritatea minus pe *R* 498.

Fiind polarizat pozitiv, *T* 466 trece în conducție, șuntînd intrarea amplificatorului de audiofrecvență.

Căderea de tensiune, care apare pe *T* 466 cu minus la colector, blochează pe *T* 554. În final se reduce căderea de tensiune pe *R* 573 și *R* 575 și se transmite un potențial pozitiv la bazele tranzistoarelor complementare finale, întrerupîndu-se curentul prin etajul final. Cînd apare semnalul, fenomenele se petrec invers, deoarece *T* 462 trece în conducție, *T* 466 se blochează, iar semnalul de joasă frecvență ajunge normal la *T* 554. Pentru a scoate din funcție atenuatorul de zgomot, comutatorul trece în poziția („"). În această poziție, la intrarea tranzistorului *T* 466 se aplică prin dioda *D* 464 polaritatea masei (—) de la colectorul *T* 231, care este saturat prin + 12 VR (40 R) de la receptor. Astfel, *T* 466 se blochează, iar etajul de joasă frecvență lucrează normal. În timpul emisiei, la baza tranzistorului *T* 466 se aplică un potențial pozitiv ridicat (+12 VE) de la colectorul tranzistorului *T* 231, prin *R* 499. Se saturează *T* 466 și se blochează amplificatorul final *AF*.

Apelul tonal. Pentru apelul tonal selectiv radiotelefonul este dotat cu două oscilatoare *RC* de joasă frecvență.

Frecvențele tonale *f*1 și *f*2 se preiau din colectoarele celor două oscilatoare, și se aplică la baza repetorului pe emitor, care are o mare impedanță de intrare, pentru a nu scurtcircuita ieșirea generatoarelor de ton. În continuare se aplică la baza tranzistorului *T* 213, a amplificatorului de joasă frecvență emisie.

Recepția apelului se face prin receptorul de apel cu circuite acordate pe *f*1 și *f*2 și circuite pentru decodificare și semnalizare.

Circuite de comutare. Pentru a evita contactele mecanice, este alimentat atît comutatorul, cît și releul de antenă.

În acest radiotelefon circuitul de antenă este comun și pentru emisie și pentru recepție. Releul de comutare a antenei la emițător

sau receptor este înlocuit cu un dispozitiv electronic de comutare, realizat cu diodele *D* 246 și *D* 249.

Singurele contacte mecanice de comutare sînt cele ale pressbutonului de emisie și al pressbutonului de apel tonal (două microcontacte, cu două poziții).

Astfel microcomutatorul pressbutonului de convorbire are poziția de repaus (recepție) cu contactele 1 și 2 făcute, dar fără utilizare și poziția de lucru (emisie) cu contactele 1—4, prin care se transmite polaritatea + 12 VE (40 E) de la polul de + 12 V al bateriei (40 P) către toate etajele emițătorului : amplificatorul final, oscilatorul de canal cu amplificatorul de modulație, oscilatorul de 10,7 MHz. Aceeași comutare se face și prin pressbutonul de pe microreceptor (atunci cînd acesta se folosește). Microcomutatorul de apel are două poziții din care una cu contactele 1 și 2 nu se folosește, iar poziția 2 cu contactele 1—4 făcute se utilizează în timpul emisiunii apelului, pentru a se alimenta oscilatorul de apel tonal. În cazul unui apel se apasă ambele pressbutoane, astfel încît circuitul 12 VE (40 E) să primească + 12 V de la baterie (40 P), iar oscilatorul tonal să primească + 12 V de la circuitul 12 VE (40 E) (unitatea 600).

Alimentarea circuitelor de recepție se face printr-un comutator electronic, realizat cu tranzistorul *T* 522 și care este înseriat pe circuitul de + 12 V, cu emitorul la + 12 V baterie (40 P) și colectorul la circuitele de alimentare a etajelor de recepție + 12 VR (40 R). Baza acestui tranzistor este conectată la + 12 VE (40 E) din circuitul *T* 231. Trecînd radiotelefonul în emisie, se întrerupe circuitul de alimentare a recepției prin *T* 522 care se blochează. Pe carcasa radiotelefonului se mai află comutatorul de canale și comutatorul de funcții (unitatea 100 din planșă).

Comutatorul de funcții are trei poziții și două rînduri de contacte *a* și *b*.

Contactele *a* se folosesc pentru alimentare, iar contactele *b* pentru comanda atenuatorului de zgomot.

Astfel, în poziția 3 a comutatorului, ambele rînduri de contacte *a* și *b* sînt deschise.

În poziția 2 se închide atît contactul de alimentare *a*, cît și contactul *b* pentru atenuatorul de zgomot, iar în poziția 1 numai contactul *a* pentru alimentarea circuitului de + 40 P.

Bateria este conectată la regleta *U* 600, cu polul plus la plotul *P* 605 și minus la masă prin *P* 604. Polaritatea plus trece prin plotul 1 din *U* 600 la contactul 1 din *U* 100 regleta *J* 103, iar prin contactul *a* în poziția 2 și 3 ajunge la plotul 2 din *U* 600 (40 P).

La emisie tensiunea + 12 VE se aplică la baza tranzistorului *T* 522 care se blochează, întrerupînd circuitul de alimentare a receptorului.

Dioda *D* 246 se deschide, amortizînd circuitul tranzistorului *T* 252.

Dioda *D* 541 din circuitul de comutare (*U* 500) este polarizată direct prin + 12 VE şuntînd la masă (după *C* 541) semnalul oscilatorului de 10,7 MHz (alimentat prin 12 VE) şi împiedicînd să intre în filtrul cu cuarţ de 10,7 MHz. Acest semnal trece numai spre mixer.

În cazul recepţiei nu se mai alimentează circuitul de + 12 VE şi deci tranzistorul final T 231 este saturat prin 12 VR punînd la masă (—12 V), baza tranzistorului T 552, care trece în conducţie totală, alimentînd cu energie etajele receptorului.

Dioda *D* 249 este polarizată direct, alimentînd amplificatorul de înaltă frecvenţă recepţie, iar dioda *D* 246 este blocată, avînd anodul la masă prin *T* 231 saturat, care-şi dezacordează circuitul său de înaltă frecvenţă, împiedicînd semnalul de recepţie să intre în circuitul de emisie.

Dioda *D* 541 se blochează, fiind conectată cu anodul la masă prin circuitul de + 12 VE pus la masă (prin *T* 231 saturat).

Astfel frecvenţa intermediară de 10,7 MHz de la mixer trece normal spre filtrul cu cuarţ.

Blocarea atenuatorului de zgomot cu comutatorul de funcţii se face prin circuitul 12 VE şi contactul 3 din *U* 600, şi *U* 100, contactul b2 din comutatorul de funcţii, contactul 7 din *U* 100 şi *U* 600, dioda *D* 464, baza *T* 466.

Tot prin unităţile *U* 600 şi *U* 100 se face conectarea difuzorului în circuitul de recepţie sau de emisie.

11.3. Verificarea şi reglarea radiotelefonului RTP-4MF-S

În tabelul 11.1 se prezintă cîteva posibilităţi de verificare şi reglaj a radiotelefonului RTP-4MF-S. În acest scop fabrica a prevăzut puncte speciale de control în schema electrică şi pe placa de montaj. Valorile sînt aproximativ, informative, depinzînd de condiţiile şi aparatele utilizate.

Tabelul 11.1

Verificările radiotelefonului RTP-4 MF-S

OPERAȚIA punctul de măsură	Mărimea măsurată	Aparatul de măsură	Punctele de reglaj	Modul de lucru
0	1	2	3	4
Emițătorul				
Verificarea oscilatorului de 10,7 MHz				
5. Ieșirea amplificatorului de 10,7 MHz	Frecvența 10,7 MHz (± 50 Hz)	F — metru	L 511	Cu emițătorul în lucru
	Tensiunea maximă (150—250 mV)	V.RF	L 501	
Verificarea oscilatorului de canal				
3. Ieșirea amplificatorului 2 x Fc	Frecvența 2 x Fc MHz (± 50 Hz)	F — metru	L 301...L 306	
	Tensiunea maximă (600 mV)	V.RF	Tr. 312	
Verificarea etajelor emițătorului				
1. Intrarea etajului amplificator T 237	Tensiunea maximă (200 mV)	V.RF	L 213, L 211, L 209, L 208, L 207	Reglajul se execută pe canalul central
Verificarea puterii emițătorului Antena	Puterea maximă (0,5 W la 12 V alimentare)	W.RF	L 205, L 203, L 201 și L 101	După ajustare se verifică dacă nu există autooscilație. Punînd în scurtcircuit punctul 5 W RF trebuie să indice O Curentul maxim de lucru 270 mA.

Tabelul 11.1 (continuare)

0	1	2	3	4
Verificarea deviației de frecvență Antenă	Deviația nominală 3,3 kHz K<10%	△F — metru	Cînd nu corespunde se schimbă R 361 din emitorul T 361	Se aplică 1 000 Hz cu 300—375 mV
	Deviația maximă 5 kHz	△F — metru		Nivelul semnalului de 1000 Hz se mărește cu 10 dB
Verificarea caracteristicii de frecvență. Antenă	Creșterea nivelului frecvenței vocale cu 6 dB pe octavă (fig. 8.3)	△F — metru V.AF		1. Se aplică 1 000 Hz cu nivelul necesar pentru △F = 3,3 kHz 2. Se variază frecvența între 300—3 000 Hz
Receptorul *Verificarea oscilatorului local II* 10. Baza T 435	Frecvența 10.245 MHz	F — metru		
	Tensiunea de 1 V	V.RF		
Verificarea etajelor receptorului 13. Baza T 439	Tensiunea maximă	V.MF	*L* 201, *L* 236, *Tr* 240, *L* 401, *Tr* 405, *L* 409, *L* 413	Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz, △ *F* = = 3,3 kHz și nivel minim. Variind nivelul se verifică ca etajele precedente să nu limiteze
Verificarea tensiunii vocale de ieșire	Tensiunea maximă	V.AF	*L* 417, *L* 421	Se mărește *Fc* la 1 mV
Verificarea distorsiunilor Ieșirea AF	Ki<10%	Distorsiometru	*L* 401	Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz △ *F* = =3,3 kHz și 1 mV

Tabelul 11.1 (continuare)

0	1	2	3	4
Verificarea puterii de ieşire AF	2,8 — 3,25 V	V.AF	*R* 481	Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz şi ΔF = 5,0 kHz şi 1 mV. Dispozitivul SQ este blocat
Verificarea sensibilităţii	0,7 μV pentru 12 dB/ SINAD	V.RF GSS	*L* 201, *Tr* 203, *L* 213, *L* 211, cu *R* 471 se reglează pragul de lucru pentru SQ la 1—2 dB sub valoarea sensibilităţii	Sensibilitatea se verifică pentru 12 dB SINAD
Verificarea caracteristicii de frecvenţă leşirea AF	Descreşterea nivelului frecvenţei vocale cu 6 dB pe octavă (fig. 8.6)			1. Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz ΔF = = 1 000 Hz şi 1 mV. 2. Se variază frecvenţa între 300—3 000 Hz

12. RADIOTELEFONUL MOBIL RTM-MF-S

Ca şi radiotelefonul portabil, produs de IEMI Bucureşti, Radiotelefonul RTM este construit în mai multe variante, care se deosebesc între ele din punct de vedere al benzilor de frecvenţă de lucru. Variantele au unele mici deosebiri constructive.

Există astfel tipurile : RTM-1 MF-(30...41 MHz) : RTM-2 MF-S (56,5...58 MHz), RTM-3 MF-S (73...76,0 MHz) şi RTM-4 MF-S (146... 174 MHz).

Exceptînd tipul RTM-4 MF-S dotat cu 10 canale, toate celelalte au numai opt canale.

Variantele se deosebesc între ele şi din punct de vedere al benzii frecvenţelor de trecere, prin amplificatorul de înaltă frecvenţă de la recepţie (distanţa între canalele extreme), care are o lărgime deosebită pentru fiecare tip.

Factorul de multiplicare folosit la emiţător este 12 pentru primele trei tipuri şi 24 pentru RTM-4 MF-S, deoarece fabrica a urmărit realizarea unor elemente constructive tip, folosibile în toate variantele.

Datorită frecvenţei înalte în care lucrează radiotelefonul RTM-4 MF-S, acesta are puterea de emisie redusă la numai 10 W, faţă de 20 W cît au celelalte aparate.

Sensibilitatea este de asemenea mai redusă (0,6 μV $\pm$ 2 dB la 12 dB SINAD), pentru aparatele din gama de 146 MHz faţă de 0,5 μV, cît au tipurile cu frecvenţe mai joase.

Pentru informare prezentăm aparatul RTM-4 MF-S.

Caracteristici

— modul de lucru simplex sau semiduplex;
— numărul de canale maxim 10;

— ecartul dintre canalele extreme: 900 kHz;
— modulația : de fază ;
— temperatura de depozitare: —40...+60°C ;
— intervalul între canale : 25 kHz ;
— puterea nominală: 10 W ± 1 dB : (a emițătorului);
— impedanța : 50 ohmi;
— puterea radiațiilor parazite (armonice) : 2,5 μW;
— puterea altor radiații: 0,2 μW;
— deviația de frecvență maximă: ± 5 kHz;
— caracteristica de modulație : în creștere cu 6 dB/octavă $\begin{matrix}+1\ dB\\-3\ dB\end{matrix}$;
— coeficientul de distorsiuni neliniare < 10%;
— stabilitatea în gama (—25...+55°C): ± 10.10–6;
— factorul de multiplicare: $n=24$;
— sensibilitatea: 0,6 μV ± 2 dB la 12 dB SINAD;
— selectivitatea față de canalul adiacent; 80 dB (măsurată prin metoda EIA a celor două semnale);
— atenuarea intermodulației parazite: 70 dB (măsurată prin metoda EIA a celor trei semnale);
— atenuarea frecvenței imagine: 80 dB;
— caracteristica audiofrecvența: în scădere cu 6 dB/octavă $\begin{matrix}\pm 1\ dB\\-3\ dB\end{matrix}$;
— puterea de ieșire: 2,5 W pe 16 ohmi și 5 W pe 8 ohmi;
— sursa de alimentare: baterii de acumulatoare cu 6 V, 12 V sau 24 V

12.1. Construcția

Din punct de vedere constructiv un radiotelefon RTM este format din următoarele elemente : unitatea de emisie-recepție care cuprinde emițătorul, receptorul și convertorul de alimentare în c.c. a unității de emisie-recepție ; unitatea de comandă cu difuzor și microfonul cu preamplificator sau microreceptor ; antena ; cutia cu siguranțe.

Emițătorul este construit din ansamblul modulatorului oscilator (cu multiplicatoarele și amplificatorul de putere mică), și ansamblul etajului final de 10 W.

Receptorul este format din ansamblul etajului de amplificare în înaltă frecvență cu primul schimbător de frecvență, ansamblul oscilatorului de recepție și ansamblul etajelor de frecvență intermediară și joasă MF-AF.

Atît emiţătorul cît şi receptorul se alimentează din convertorul de c.c. montat pe o placă separată. Acesta poate lucra cu 6 V, 12 V sau 24 V şi livrează 25 V pentru etajul de putere al emiţătorului şi etajul final al receptorului, cît şi 18 V pentru celelalte etaje.

Manipularea radiotelefonului se face prin intermediul cutiei de comandă (fig. 5.1).

Urmărind îmbunătăţirea aparatelor, IEMI a executat mai multe serii de aparate RTM (1969-1971), care se aseamănă din punct de vedere electric, dar au unele deosebiri în plăcile de montaj.

Construit după o schemă clasică (fig. 2.2) radiotelefonul prezintă noutatea multiplicării cu factorul $n = 24$. Din acest motiv frecvenţa oscilatorului local de emisie este de 6 MHz.

12.2. **Funcţionarea radiotelefonului** (v. planşa 2)

Emiţătorul

Ansamblul modulator-oscilator. După amplificarea în etajul de preamplificare existent în microfon, semnalul de convorbire intră în radiotelefon prin condensatorul *C* 285 de la care se aplică la baza tranzistorului *T* 264.

Condensatorul *C* 285 cu valoarea de 10 nF şi rezistenţele *R* 299—*R* 300 formează un filtru, care atenuează frecvenţele joase, pentru a se compensa atenuarea frecvenţelor înalte, care are loc în cablurile ecranate de audiofrecvenţă. Urmează limitatorul cu diode.

Trecînd prin filtrul trece jos, format din rezistenţa *R* 289 şi condensatorul *C* 280, semnalul se aplică tranzistorului amplificator *T* 261 conectat prin cuplaj *RC* cu tranzistorul *T* 260, prin condensatorul *C* 277 şi potenţiometrului *R* 283 cu care se reglează nivelul semnalului vocal şi implicit deviaţia de frecvenţă.

Condensatorul *C* 278 care decuplează rezistenţa *R* 284 corectează caracteristica de frecvenţă, atenuînd frecvenţele (înalte).

La ieşirea amplificatorului *T* 260 se află filtrul trece jos (*L* 246) care atenuează frecvenţele mai înalte de 3,5 kHz.

Prin construcţia sa amplificatorul realizează preaccentuarea cu 6 dB/octavă în banda 300 — 3 000 Hz.

Condensatorul *C* 272 se conectează la inductanţa *L* 246 fie prin puntea *BC* în cazul limitării benzii vocale la 2 500 Hz, fie prin puntea *BA* pentru banda vocală de 3 000 Hz.

Oscilatorul este realizat cu tranzistorul *T* 251 care lucrează în montaj Colpitts.

În circuitul bazei se află circuitul selectiv al canalelor format din dioda *D* 201, bobina *L* 201, condensatorul *C* 201, cristalul de cuarț *Kr* 201 și circuitul de comutare *R* 201, *R* 202, *C* 202, prin care se polarizează diodele cu tensiunea de —18 V.

Selecția circuitelor corespunzătoare celor 10 canale, marcate de la 1...10 se realizează electronic, prin conectare la masă a punctului comun, dintre rezistențele *R* 201 și *R* 202, anulîndu-se potențialul de blocare. Dioda circuitului solicitat se deschide și astfel se introduce în circuitul de bază al oscilatorului circuitul oscilant corespunzător.

Semnalul oscilatorului se culege prin condensatorul *C* 254 și se amplifică în etajul *T* 252 care lucrează ca separator.

În colectorul tranzistorului *T* 252 se află și circuitul modulatorului de fază compus din bobina *L* 206, condensatoarele *C* 256, *C* 257 și diodele *D* 253 și *D* 254.

Circuitul *L* 206, *C* 256, *C* 257, *D* 253 este un circuit acordat, avînd reactanța variabilă. Variația reactanței este determinată de variația capacității diodei *D* 253, care este funcție de frecvența semnalului vocal integrat prin circuitul *C* 258, *R* 260, *D* 254.

Semnalul cules în secundarul *L* 206, este modulat în frecvență, cu deviația : $F = \frac{5\,000\ \text{Hz}}{24} = 208$ Hz.

Etajele următoare lucrează ca multiplicatoare *T* 256 (dublor), *T* 257 (triplor), *T* 258 (dublor) astfel încît la ieșirea filtrului realizat din circuitele *U* 236 și *U* 241 se obține frecvența 12 Fo cu tensiunea de 1,5 V (impedanță de 50 ohmi), și puterea de circa 100 mW, care se aplică la etajul final.

— *Ansamblul etajului final.* Etajul final este realizat în mai multe variante constructive, funcție de tipul radiotelefonului.

Astfel radiotelefonul RTM-4 MF-S are în etajul final încă un dublor.

Dublorul este construit cu tranzistorul *T* 316 la ieșirea căruia se află filtrul format din circuitele *U* 301 și *U* 306 acordate pe frecvența 24 Fo.

După amplificarea în etajul preamplificator realizat cu tranzistorul *T* 317, semnalul de radiofrecvență se aplică etajului de atc (draiver) *T* 356, urmat de etajul final *T* 357, construit cu tranzistorul de mare putere 2 N 3632, folosit și în aparatele UFS 601 și USE 600.

Eliminarea armonicilor superioare, de la ieșirea etajului final, care lucrează în clasa *C*, spre a se obține mare amplificare de putere, se face cu filtrele *U* 331 și *U* 341.

Filtrul trece jos, împreună cu filtrul *U* 341 formează un circuit de adaptare a impedanței de ieșire a tranzistorului de putere cu impedanța de antenă.

Se evită influența dintre circuitele de amplificare cu nivele mari, deoarece etajul final este realizat în mai multe unități ecranate între ele.

Astfel, dublorul și preamplificatorul se află în unitatea *U* 316, etajul de atac în unitatea *U* 331, filtrul trece jos în unitatea *U* 341, iar etajul de măsură în unitatea *U* 326.

● Receptorul

— *Ansamblul amplificatorului de înaltă frecvență (radiofrecvență) și al primului schimbător de frecvență.* Semnalul recepționat în antenă este selectat prin filtrul *U* 401, care realizează și adaptarea circuitului de antenă cu intrarea tranzistorului *T* 411, în montaj *EC,* pentru amplificare mare trecînd prin tranzistorul *T* 412 semnalul ajunge la schimbătorul de frecvență construit pe baza unui demodulator în inel, format din transformatorul *Tr* 411, diodele *D* 413, *D* 414, *D* 415, *D* 416, condensatoarele *C* 406 și *C* 407 și transformatorul de ieșire *L* 406. Tot aici se aplică inductiv frecvența oscilatorului local. Prima frecvență intermediară *Fi* I, de 10,7 MHz, rezultă ca diferența dintre frecvența semnalului recepționat și cea a oscilatorului local. Schimbătorul de acest gen oferă avantajul unor produse neliniare minime, deoarece diodele au o caracteristică liniară, la semnale recepționate cu nivel mare.

Oscilațiile necesare procesului de schimbare a frecvenței se obțin cu ajutorul unui oscilator Colpitts realizat cu tranzistorul *T* 531.

Comutarea canalelor se realizează prin intermediul diodelor (*D* 501) care se comută prin intermediul unui comutator simplu.

Fiindcă frecvența oscilatorului stabilizat cu cuarț reprezintă

din frecvența *Fo* necesară schimbătorului, tensiunea de circa 0,6 V de la oscilator se aplică la baza tranzistorului *T* 532 multiplicator. Din circuitul colectorului său se extrage armonica a III-a.

Această frecvență este selectată cu filtrele *U* 511, *U* 516 și se aplică în etajul separator amplificator *T* 533, la ieșirea căruia se obține tensiunea reglabilă prin potențiometrul *R* 544 de 5 kohmi în limitele 0,6 ... 1,3 V.

În radiotelefonul care lucrează în sistem-simplex-semiduplex, cu ecart mai mare decît 900 kHz între canalele extreme, există două etaje de amplificare în înaltă frecvență, construite după o schemă asemănătoare.

Selectivitatea mare a receptorului din radiotelefonul RTM, pentru canale adiacente este asigurată mai ales de filtrul cu cristal, care are banda de trecere 13 kHz pentru atenuarea de 6 dB.

Pentru a nu distorsiona semnalul recepționat este necesară plasarea frecvenței de 10,7 MHz în centrul caracteristicii de frecvență a filtrului.

Montajul cascodă format din tranzistoarele *T* 702 și *T* 701, amplifică frecvența *Fi* I.

Tranzistorului *T* 704 lucrează ca mixer II deoarece în circuitul emitorului ajunge și tensiunea de la al doilea oscilator local (osc. II) cu frecvența de 11,155 MHz.

Acest oscilator este construit după o schemă Colpitta.

Frecvența a II-a intermediară (de 455 kHz), extrasă prin filtrul *U* 621 se conduce la etajele de amplificare *Fi* II, care lucrează și ca limitator de amplitudine, pe baza unei scheme cu o construcție deosebită.

Tranzistorul *T* 706 are baza polarizată cu tensiune din circuitul colectorului *T* 705 iar tranzistorul *T* 708 are baza polarizată din circuitul colectorului *T* 707. Apariția unui semnal cu amplitudine mare determină creșterea curenților prin *T* 705 și *T* 707, cît și creșterea tensiunilor de pe rezistențele de colector, ca efect se reduce polarizarea în sensul de conducție a tranzistoarelor *T* 706 și *T* 708, limitîndu-se amplitudinea semnalului.

În continuare frecvența intermediară de 455 kHz se aplică etajului de amplificare liniar *T* 710. În colectorul acestuia se află circuitul *U* 626, al discriminatorului de fază în contratimp, realizat după o schemă clasică fără bobină de șoc, lucrînd liniar pentru o deviație maximă de ± 15 kHz, față de frecvența centrală.

După detecție, semnalul vocal se extrage prin circuitul *R* 745, *C* 731 (de dezaccentuare) urmat de potențiometrul *R* 747 pentru reglajul volumului și se amplifică în tranzistorul *T* 713.

De la acesta semnalul se aplică pe baza tranzistorului *T* 714 care, împreună cu tranzistorul *T* 726 din atenuatorul de zgomot formează un trigger Schmitt.

În lipsa semnalului, tranzistorul *T* 726 este în conducție iar tranzistorul *T* 714 este blocat.

Tranzistorul *T* 714 lucrează ca preamplificator. La ieșirea sa se găsește amplificatorul pilot *T* 717 prin care se comandă etajul de amplificare construit cu două tranzistoare complementare (*T* 718 pnp și *T* 719 npn) spre a se evita utilizarea unui transformator defazor. Aceste tranzistoare împreună cu tranzistoarele *T* 720 și *T* 721 din etajul final formează dubleți cu mare amplificare de

putere. Ieşirea etajului este realizată prin condensatorul *C* 743 conectat la masă prin difuzorul de 2,5 W ($Z = 16$ ohmi) sau 5 W ($Z = 8$ ohmi).

— *Atenuatorul de zgomot.* Tot de la ieşirea discriminatorului se extrage şi semnalul de audiofrecvenţă pentru atenuatorul de zgomot. În acest scop există filtrul trece sus, cu frecvenţa de trecere mai mare de 5 kHz (*L* 631, *L* 636, *C* 746), prin care se separă frecvenţa de zgomot, ce apare în lipsa semnalului. Prin tranzistoarele *T* 722 şi *T* 723 se ridică nivelul semnalului de zgomot la valoarea de circa 10 V, iar prin detectorul dublor de tensiune (*D* 724, *D* 725, *C* 753 şi *C* 751) se obţine o componentă continuă care se aplică prin potenţiometrul *R* 782 şi *R* 13 din cutia de comandă la baza tranzistorului *T* 726. În mod normal tranzistorul *T* 726 este blocat cu tensiunea de —18 V, prin rezistenţa *R* 783. Potenţiometrul *R* 782 este introdus în circuit prin ploturile 14, 21, 22 în serie cu potenţiometrul *R* 13 extern care este scos la butonul *S*-7 de pe cutia de comandă.

În prezenţa zgomotului, tranzistorul *T* 726 este în conducţie alimentîndu-se din circuitul emitorului *T* 714 pe care-l scoate din funcţie. Pe rezistenţa *R* 784 rezultă o cădere de tensiune negativă care blochează baza tranzistorului *T* 714.

12.3. Verificarea şi reglarea radiotelefonului RTM-4MF-S

În tabelul 12.1 se prezintă unele puncte de reglaj şi măsurări sumare ce se pot executa cu un minim de aparate.

Valorile sînt aproximative, informative.

Tabelul 12.1

Verificările radiotelefonului RTM-4MF-S

OPERAŢIA punctul de măsură	Mărimea măsurată	Aparatul de măsură	Punctele de reglaj	Modul de lucru
0	1	2	3	4
Emiţătorul *Verificarea oscilatorului* Baza T 252	Tensiunea 150 mV *Fo*	V.RF F.metru	*L* 201	

Tabelul 12.1 (continuare)

0	1	2	3	4
Verificarea modulatorului și multiplicatoarelor				
Soclul J 251 :				
Plotul 3	25—35 μA	Micro-ampermetru	*C* 256 pentru maxim	Prin sondă
Plotul 4	125—135 μA	„	*U* 211	
Plotul 5	minim (μA)	„	*U* 216, *U* 221	
Plotul 5	140—150 μA	„	*U* 226	
Plotul 6	minim (μA)	„	*U* 231	
Plotul 6 *R* 357	125—130 μA 1—1,5 V Z = 500 ohmi	„ V.RF	*U* 236, *U* 241	
Verificarea etajului final				
Soclul J 326 :				
Plotul 2 (față de plotul 1)	maxim (225 μA)	Micro-ampermetru	*U* 236, *U* 241 și *U* 301	
Plotul 3	minim (50 100 μA)	„	*U* 311, *U* 318	
Plotul 4	40—80 μA	„		
Plotul 5	75—95 μA	„		Prin sondă
Antenă	maxim	W.RF	*C* 332, *C* 342 și *C* 343	
Verificarea frecvenței emițătorului				
Antenă	*F* pentru fiecare canal	F-metru		În cazul modificării frecvenței se refac și reglajele modulatorului și multiplicatoarelor
Verificarea puterii				
Antenă	10 W ± dB (la 22,4 V alimentare)	W.RF	Se schimbă rezistența R 356	Se introduce semnal de RF

Tabelul 12.1 (continuare)

0	1	2	3	4
Verificarea deviației de frecvență și a distorsiunilor				
Antenă	deviația 4,4 kHz	Δ F-metru	Se reglează R 294 în poziție mijlocie, iar 283 după necesități	Se aplică 1 000 Hz cu 600 mV
	deviația nominală 2,5 kHz	△ F-metru	Se reglează R 294 pentru F = 2,5 kHz	Se aplică 1 000 Hz cu 6060 mV
	deviația maximă 5 kHz	△ F-metru		Se aplică 1 000 Hz cu semnal mai mare decît 600 mV
	distorsiuni K<3%	△ F-metru Distorsiometru	Se reglează C 256 pentru distorsiuni minime	Se aplică 1 000 Hz cu nivelul necesar pentru Δ F = = 3,5 kHz
Verificarea caracteristicii de frecvență				
Antenă	Creșterea nivelului frecvenței vocale cu 6 dB pe octavă	V.AF		1. Se aplică 1 000 Hz cu nivelul necesar pentru △ F = = 1 kHz 2. Se variază frecvența între 300—3 000 Hz
Receptorul				
Verificarea oscilatorului local II				
Emitor T 704 la TP 9	Tensiunea >150 mV	V.RF		
	Frecvența	F-metru		

Tabelul 12.1 (continuare)

0	1	2	3	4
Verificarea etajelor MF și AF soclul J 701 :				
Piotul 1	110—120 μA	Micro-ampermetru		Se blochează SQ, iar în difuzor se aude zgomotul
Piotul 2	120—135 μA	„		
Piotul 3	135—150 μA	„		
Piotul 4	125—135 μA	„		
Piotul 5	0 μA	„	Discriminatorul U 626	
Piotul 6	105—115 μA			
Verificarea etajelor RF				
T P 1	aprox. 5 μA	Micro-ampermetru+sondă		
Verificarea oscilatorului I				
T P 1	Fo 0,6 V	V.RF F-metru	*L* 501	
T P 2	30—50 μA	Micro-ampermetru+sondă	*U* 511, *U* 516 *U* 521	
	3xF canal la RTM-4 MF	F-metru		
Reglarea etajelor de RF, MF și AF Ieșirea AF (C743)	Zgomot minim V.AF		*U* 401, *U* 402 *U* 403, *U* 404 *U* 405, *U* 406 *L* 611, *L* 616 *L* 621	Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz $\triangle F = 3{,}4$ kHz și nivel mereu redus. *Fc* se măsoară precis
R 753, la colectorul T 713	Curba semnalului vocal	Osciloscopul	*U* 641, *U* 646	Se aplică același semnal cu nivelul de 1 mV
Soclul J 701 Piotul 5	zero μA	Micro-ampermetru	Discriminatorul *U* 626	Se aplică același semnal cu nivelul de 1 mV

Tabelul 12.1 (continuare)

0	1	2	3	4
Verificarea sensibilității	0,5—0,6 μV pentru 12 dB SINAD	V.RF GSS		
Verificarea puterii AF Ieșirea AF (C743)	2.5 W pe Z = 15 ohmi	W.AF	*R* 747	Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz $\Delta F = 5$ kHz și nivelul de 1 mV
Verificarea caracteristicii de AF Ieșirea AF (C743)	Descreșterea nivelului frecvenței vocale cu 6 dB pe octavă	V.AF		1. Se aplică *Fc* modulat cu 1 000 Hz $\Delta F = 1000$ kHz și nivelul de 1 mV 2. Se variază frecvența vocală între 300—3 000 Hz

13. EXPLOATAREA RADIOTELEFOANELOR

13.1. Procurarea radiotelefoanelor

Stabilirea numărului de aparate a tipurilor și a rețelei celei mai potrivite se efectuează pe baza principiilor tehnico-economice, de maximă rentabilitate respectîndu-se reglementările în legătură cu radiocomunicațiile.

Dotarea unui loc de muncă cu radiotelefoane este indicat să se facă pe baza unui studiu întocmit de o unitate de proiectări sau de cercetări, cu experiență în această activitate.

Din acest studiu trebuie să reiasă alcătuirea rețelei de radio propusă, necesarul de aparate și numărul canalelor sau frecvențelor de lucru, puterea și tipul aparatelor, distanțele maxime de lucru dintre aparate, stabilite pe baza necesităților și măsurătorilor de cîmp, locul de amplasare a aparatelor fixe și a antenelor cît și construcția și înălțimea lor, pentru a se asigura legăturile dorite.

În funcție de numărul aparatelor propuse, se va stabili și personalul necesar pentru întreținerea echipamentelor și mai ales pentru supravegherea, încărcarea și schimbarea bateriilor aparatelor portabile. Datorită faptului că aparatele mobile și portabile sînt mereu deplasate, în timpul exploatării se produc defecțiuni, care trebuiesc remediate. În acest scop instituțiile trebuie să-și organizeze și un laborator radio.

Cum dotarea cu radiotelefoane și aparataj de control implică cheltuieli de fonduri, este necesar să se întocmească o fișă de calcul a eficienței tehnico-economice a radiotelefoanelor, în locul de muncă respectiv, din care să rezulte dacă cheltuielile pot fi compensate de avantajele aduse de radiotelefoane (creșterea capacității de

transport, creşterea productivităţii muncii, creşterea operativităţii de intervenţie, îmbunătăţirea condiţiilor de muncă etc.).

Totodată conducerile organizaţiilor solicitante trebuie să numească prin decizie, un responsabil cu sarcini de îndrumare, coordonare şi control a activităţii radio din reţeaua respectivă.

Comanda echipamentelor la întreprinderea producătoare sau la import, este posibilă numai pe baza acordului MTTc eliberat prin Direcţia radio şi televiziune regională, care repartizează şi frecvenţele solicitate. Acordul se obţine după depunerea documentaţiei prevăzute în Regulamentul staţiilor de radiocomunicaţii.

Cum deservirea tehnică (întreţinerea, depanarea, reglarea etc.) şi deservirea operaţională (punerea în funcţie, manipularea, transmiterea şi recepţionarea mesajelor etc.) este permisă numai personalului autorizat de MTTc, prin certificat de radiotelefonist, permis de radiotelefonist sau permis de deservire tehnică, este necesar ca organizaţiile solicitante să-şi recruteze şi autorizeze personalul respectiv.

Pentru responsabilii cu radiocomunicaţiile sînt obligatorii certificatele de radiotelefonist.

13.2. **Criterii pentru alegerea radiotelefoanelor**

Alegerea tipului de aparat convenabil diferitelor locuri de muncă este oarecum dificilă. În afară de indicatorii de calitate, deja cunoscuţi trebuie să se ţină seama şi de unele aspecte practice legate de exploatarea radiotelefoanelor.

Distanţele de lucru între radiotelefoane depind de frecvenţele de lucru, puterea şi amplasamentul lor.

De exemplu aparatele portabile cu puterea emiţătorului de cca. 1 W (în banda 146 — 174 MHz) permit realizarea unor legături permanente, între ele, la distanţa de cca. 3 — 4 km, în cîmp deschis şi numai la 1 — 2 km în oraşe, staţii de cale ferată sau alte locuri cu obstacole — păduri şi denivelări, ce împiedică propagarea directă a undelor între emiţător şi receptor.

Distanţa de lucru creşte la 7 — 10 km, atunci cînd aparatele portabile au ca partener o staţie fixă, de cca. 10 W, dotată cu antenă înaltă şi degajată de obstacole.

Raza de activitate a radiotelefoanelor mobile în jurul unei staţii fixe este de cca. 15 — 20 km în cîmp deschis.

Între două aparate fixe (de 10 — 20 W) se pot atinge distanţe şi de ordinul a 40 — 60 km.

Numărul de canale al radiotelefoanelor se stabilește în funcție de distribuția locurilor de muncă, a organizației ce urmează a fi dotată cu radio, astfel încît fiecare sector de activitate să folosească o singură frecvență.

Deși sistemul simplex permite lucrul pe aceeași frecvență a mai multor aparate, nu este indicat ca numărul acestora să depășească 25 — 30 echipamente, deoarece este greu de controlat rețeaua, iar traficul este prea intens și obositor, pentru persoana care lucrează la stația coordonatoare.

Într-o rețea complexă, (port, stație tehnică feroviară), cînd se lucrează pe mai multe frecvențe, radiotelefonul fix cu rol de stație principală, coordonatoare, va fi dotat cu toate frecvențele din rețea.

Pentru ca operatorul acestei stații să poată fi chemat i se va fixa o anumită frecvență de repaus (apel), pe care rămîne în așteptare, de cîte ori nu lucrează pe alte frecvențe.

În același scop, pentru a se asigura legătura inversă între responsabilul rețelei fiecărei frecvențe și operatorul stației coordonatoare, este necesar ca cel puțin un aparat din rețeaua fiecărei frecvențe (al responsabilului), să fie dotat cu toate frecvențele rețelei complexe sau măcar cu frecvența de așteptare. Prin acest aparat este căutat operatorul stației coordonatoare și invitat pe frecvența dorită.

Se asigură funcționarea permanentă a rețelei de radiotelefoane atunci cînd se prevăd un număr de 10 — 15% aparate pentru rezerve, astfel încît să existe pentru intervenții minim un aparat fix, unul mobil și 2 — 3 aparate portabile, pentru fiecare rețea.

Spre a reduce numărul rezervelor, rețelele mici se pot construi cu același tip de radiotelefoane în montaj fix și mobil. Astfel se pot monta aparatele RTM sau RTP ca RTF, respectîndu-se impedanța antenelor. Prevederea este necesară deoarece aparatele portabile și mobile sînt supuse la șocuri, lovituri, intemperii care le reduc fiabilitatea, față de alte aparate electronice staționare.

Atunci cînd rețeaua de radiotelefoane este calculată strîns, la dotarea minimă, defectarea unui aparat o poate scoate din funcțiune, periclitînd buna desfășurare a procesului de producție din sectorul respectiv.

Nu de mică importanță este și alegerea aparatului portabil convenabil fiecărui loc de muncă.

În general există o cerință deosebită pentru aparate portabile de buzunar cu gabarit și greutate redusă, fără a se ține seama de faptul că o greutate mică implică și reducerea capacității bateriei de alimentare (în faza actuală a dezvoltării surselor electrochimice).

Spre exemplificare arătăm că aparatul CQP 500 cu putere a emiţătorului de cca. 0,5 W (şi care a fost ulterior mărită la 1 W), este ineficace în anumite locuri de muncă. Acest aparat foloseşte o baterie de 12,4 V şi capacitatea de 225 mAh. Întrucît aparatul consumă la emiţător cca. 130 mA se poate folosi una oră pentru emisie (130 mAh), una oră pentru recepţie (16 mAh) şi opt ore în aşteptare (8 ore × 8 mAh = 64 mAh). Respectîndu-se acest bilanţ se observă că în cele zece ore de utilizare a RT bateria se descarcă aproape complet (210 mAh). Profunzimea de descărcare este 100%, uzînd bateria.

Dar cum în practică, în staţiile CFR, în porturi sau pe şantierele de construcţii, cu regim permanent de lucru, aparatele se folosesc ca emiţător 50% din durata turei normale de lucru (10—12 ore), se observă că schimbarea bateriilor trebuie executată la cca. 3 — 4 ore, deranjîndu-se personalul de producţie.

Ca efect fiecare aparat ar trebui dotat cu 3 — 4 baterii de schimb, ştiindu-se că reîncărcarea normală a acestora se execută timp de 14 ore cu curentul de 23 mA.

Utilizînd radiotelefonul CQP 500, cu emiţătorul de 1 W, problema electroalimentării e şi mai dificilă.

În locurile de muncă cu trafic radio intens sînt necesare aparate cu baterii de mare capacitate şi evident mai grele.

Eventual se pot utiliza radiotelefoanele transportabile.

Aşa cum s-a mai arătat se poate transforma aparatul portabil de buzunar într-un aparat transportabil, dotîndu-l cu o baterie exterioară de 3 — 5 Ah.

De mare importanţă este modul de purtare a radiotelefonului portabil. Pentru transportul comod aparatele portabile sînt dotate cu curele pentru atîrnare pe umăr sau la şold, într-o husă de protecţie împotriva prafului şi intemperiilor.

Pentru convorbiri unele aparate sînt echipate cu dispozitive acustice microfon-difuzor, ce se fixează pe piept, în apropierea gurii (VXW 100, UFT 422). Alte radiotelefoane au microfonul difuzor încorporat în aparat (CQP 500, RTP IEMI).

Purtarea la şold al radiotelefonului cu dispozitiv acustic separat deşi comod este dezavantajoasă pentru raza de activitate normală, în zona vizibilităţii directe deoarece se coboară înălţimea efectivă a antenei cu cca. 0,5 ml şi se reduce distanţa de lucru cu circa 0,5 km, comparativ cu aparatul dotat cu difuzor-microfon pe bord şi care se ţine în mînă, în timpul convorbirii, avînd antena ridîcată deasupra capului (CQP 500, RTP IEMI).

Această constatare practică reiese din formula utilizată pentru calculul aproximativ al distanței în zona vizibilității directe (capitolul 6.1).

Din aceste motive RTP IEMI permite legături la distanțe mai mari decît UFT 422, care are cam aceleași caracteristici dar se poartă atîrnat, la șold.

Se mărește mult raza de lucru a radiotelefoanelor portabile cu dispozitiv acustic separat, purtînd aceste aparate pe umeri tip raniță (VXW 100) sau fixate pe piept cu un sistem de legături, (la căile ferate franceze), astfel încît antena să se ridice deasupra capului. Antena se menține obligatoriu verticală. Se mărește raza de activitate plasînd RTP pe partea plană a caroseriei metalice a unui vehicul sau pe o placă metalică cu rol de contragreutate. Eventual se ridică aparatul deasupra capului sau se urcă posesorul pe un loc cît mai înalt.

Atunci cînd datorită unor obstacole nu se pot asigura convorbiri între două aparate portabile sau mobile se indică înlocuirea sistemului simplex cu sistemul semiduplex (emisie și recepție pe frecvențe separate), cu un receptor intermediar (un RT duplex), fixat la mare înălțime.

În cazul cînd se lucrează în zone cu obstacole, iar între aparatele portabile (sau mobile) și aparatul fix coordonator (RTF) se află clădiri înalte, pasarele, poduri metalice etc., care împiedică buna propagare a undelor, se indică utilizarea sistemului simplex cu telecomandă (fig. 2.10).

Eventual se lucrează cu mai multe RTF situate în diferite poziții avantajoase și simultan comandate, prin cable.

13.3. **Instalarea radiotelefoanelor**

Radiotelefoanele se instalează ținînd seama de prevederile proiectelor întocmite în acest scop cît și de recomandările fabricii constructoare.

Pentru aparatele mobile și fixe românești se folosește cartea tehnică a acestor aparate, editată de IEMI București.

Aparatele fixe se dotează de regulă cu antene omnidirecționale de tip Ground Plane, suficient de înalte pentru legături la mare distanță și cu punerea la pămînt a radiatorului, spre a canaliza descărcările electrice spre priza de pămînt, protejîndu-se operatorul și aparatul. Nu sînt indicate antenele nelegate la pămînt.

Cum tensiunea bateriilor din acumulatoarele de pe mijloacele de transport prezintă mari variații (2 — 2,5 V/element), datorită funcționării în tampon și alimentării altor receptoare, deseori se găsește 15 — 16 V în loc de 12 V și 28 — 30 V în loc de 24 V. Unele RT suportă aceste variații. De exemplu aparatele USE lucrează normal între 10,8 — 15 V și 21,6 — 30 V.

Se preîntîmpină arderea tranzistoarelor din convertor, montînd un bloc de protecție separat, dotat cu fuzibile calibrate pentru fiecare pol (+ și —), diode Zener în derivație pentru atenuarea micilor variații, cît și un releu supraveghetor tip Reed sau electromagnetic, care să întrerupă alimentarea RT la marile variații de tensiune. Fuzibilele vor fi calibrate să lucreze la cald, pentru funcționare rapidă, înlocuindu-se fuzibilele necorespunzătoare, existente în unele RT. Vîrfurile de tensiune mare ce se induc de pe circuitele vecine sau ce apar, în cazul cuplării și decuplării altor receptoare, se elimină conectînd pe fiecare pol al bateriei față de masă, tuburi de mare putere cu descărcare în gaze (de exemplu tuburile 11 TN 40 Tesla utilizate la protecția liniilor telefonice).

Radiotelefoanele, alimentatoarele din rețeaua de 220 V, cît și stațiile de încărcare a bateriilor aparatelor portabile se montează pe stelaje sau polițe metalice, conectate la pămînt, spre a evita incendiile în cazul unui scurtcircuit în aceste echipamente. Siguranțele trebuie să fie calibrate.

Aparatele mobile se plasează cît mai departe de locurile calde, bine fixate de corpul mijlocului de transport, cu antena înălțată și degajată.

13.4. **Dotarea minimă a unui punct de întreținere a radiotelefoanelor**

Dacă laboratoarele pentru repararea, reglarea și măsurarea periodică a performanțelor radiotelefoanelor trebuie să fie dotate cu aparate de mare precizie, punctele pentru întreținerea curentă a aparatelor, încărcarea și schimbarea bateriilor, pot fi dotate, într-o primă fază, cu cîteva dispozitive indicatoare construite chiar de personalul unității.

În afară de trusa de scule compusă din șurubelnițe, chei pentru toate tipurile de piulițe, ciocane de lipit (sau pistoale) de 30—40 W pentru circuite imprimate și ciocane de 100 — 200 W, pentru

conexiuni mari, mai intră în dotarea minimă şi un voltampermetru portabil, un ohmetru şi un megohmetru.

Verificarea zilnică a încărcării bateriilor ce se introduc în aparate sau la încărcat se face cu verificatorul de baterii Cd-Ni, construit cu locaşuri pentru toate tipurile de baterii conform schemei din figura 7.15.

Măsurarea periodică a capacităţii acestor baterii se face cu unul dintre dispozitivele citate.

Bateriile cu plumb tip auto, pentru alimentarea aparatelor se verifică cu un voltmetru tip cleşte ce se poate construi din două pîrghii de material izolant (pertinax, textolit), terminate cu două vîrfuri ascuţite (pentru a străpunge oxidul bornelor), între care se conectează un voltmetru de 30 V, în paralel cu o rezistenţă de sarcină care să consume un curent egal cu $\frac{1}{5}Cn$ (fig. 13.1).

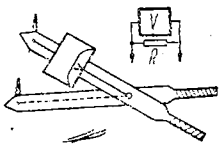


Fig. 13.1 Dispozitiv pentru verificarea încărcării bateriilor cu plumb.

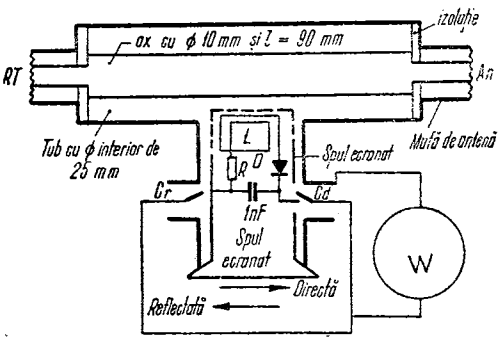


Fig. 13.2 Wattmetru (reflectometru) cu spul.

Starea emiţătorului, continuitatea cablelor şi adaptarea lor la antenă şi RT se verifică sumar cu un reflectometru indicator, ce se poate realiza şi pe baza schemei din figura 13.2, utilizată şi la aparatele industriale.

Se construieşte dintr-un segment coaxial, în formă de *T* compus din tubul de cupru, bronz sau alamă, dotat cu două mufe de RT, la capete şi cu un ax interior.

Semnalul de radiofrecvenţă este cules prin circuitul oscilant realizat dintr-o bobină dreptunghiulară cu două spire, o diodă de

IF și o rezistență de 50 ohmi, împreună cu un condensator pentru decuplare.

Acest circuit este introdus într-un spul din polistiren, care este de asemenea protejat, într-un ecran neferos ce intră strîns în locașul tubului în formă de *T*. La vîrf pe o porțiune de 10 mm spulul nu este ecranat.

Semnalul redresat este condus la miliampermetrul gradat în wați, prin contactul *Cd*, cînd spulul se află în poziția de măsură a undei directe și prin contactul *Cr* în poziție opusă de măsură, a undei reflectate.

O mare utilitate are un mic indicator de cîmp care permite încercarea rapidă a emițătoarelor. Verificînd pe teren aparatele portabile cu indicatorul de cîmp, se stabilesc imediat emițătoarele defecte, microfoanele și cordoanele cu contacte imperfecte. În acest scop se poate construi un indicator de tipul aceluia din figura 13.3.

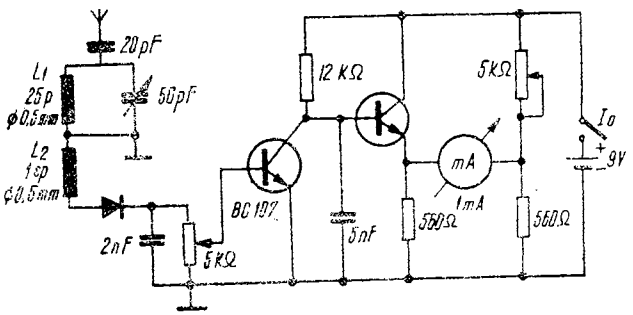


Fig. 13.3 Indicator de cîmp.

Bobinele *L* 1 și *L* 2 sînt cuplate slab (la distanță de 4 mm între ele), pe o carcasă de polistiren cu diametrul de 20 mm.

Cu *P* 1 se reglează limita de lucru, iar cu *P* 2 echilibrarea punții. Aparatul lucrează în gama de 50 — 160 MHz. Curentul de lucru al radiotelefonului portabil (în emisie, recepție și așteptare) se măsoară cu adaptorul din figura 13.4, compus dintr-un locaș în care se fixează bateriile utilizate în RTP și cordoane cu carcase de baterii goale, pentru conectare la bornele de alimentare a radiotelefoanelor. Verificarea sumară a receptorului se poate executa cu ajutorul unui generator multivibrator bogat în armonici, de tipul acelora recomandate în revista Tehnium, pentru verificarea receptoarelor de televiziune (fig. 13.5) sau chiar cu un generator sinusoidal cu frecvența stabilizată prin cristale de cuarț.

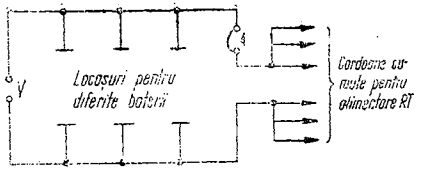


Fig. 13.4 Dispozitiv pentru măsurarea curentului *IE, IR, IA.*

Defecțiunile dispozitivelor acustice separate, se pot depista imediat cu ajutorul unui pupitru cu comutatoare, pe care se montează mufe pentru toate tipurile de microreceptoare, un generator de ton pentru verificarea difuzorului, un indicator de nivel cu două etaje de amplificare pentru stabilirea nivelului emis de microfon,

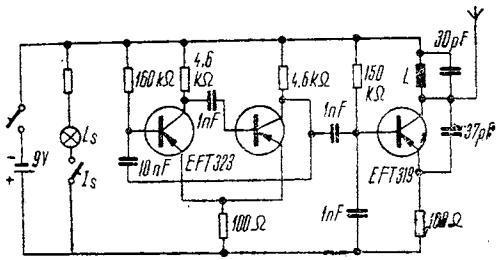


Fig. 13.5 Generator de semnale pentru încercarea receptorului (146 MHz). (*L* — bobină cu ∅ 7 mm și 7—8 spire).

un ohmetru pentru verificarea contactului de comandă al releului de antenă, a izolației dintre circuitele de mai sus și a izolației mufei de la antenele RTP reparate.

În același pupitru se poate adapta și un impedanțmetru simplu pentru măsurarea impedanței difuzoarelor. Montînd aceste dispozitive pe o masă comună se obține un banc simplu, dar eficace, mai ales pentru verificări zilnice, sumare, a radiotelefoanelor portabile la locul de utilizare (șantier, port, stație CFR etc.).

Asemenea mese, pentru verificarea sumară a RTP, se utilizează la toate districtele TTR de întreținere a radiotelefoanelor din regionala CFR Iași, fiind realizate prin autodotare de personalul districtelor și laboratorului regional de telecomunicații.

Pentru controlul funcționării RT din sectorul energetic, Institutul de cercetări și modernizări energetice București a realizat și livrează aparatul CRT-2.

Aparatul verifică sensibilitatea receptorului, puterea și deviația de frecvență.

De mare ajutor, la un punct de întreținere radio, este și pupitrul pentru încercarea releelor polarizate și neutre din radiotelefoane, ce se poate construi după schema din figura 13.6.

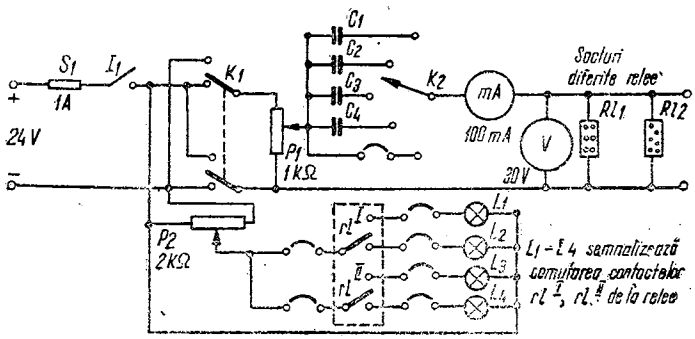


Fig. 13.6 Pupitru pentru verificarea releelor polarizate (*Rl* 1, *Rl* 2) și neutre (*Rl* 3).

13.5. Verificări minime de exploatare

Pentru buna funcționare a radiotelefoanelor portabile dintr-o unitate, sînt obligatorii următoarele verificări, ce se execută zilnic, odată cu schimbarea bateriilor Cd-Ni : tensiunea bateriilor încărcate ce se introduc în radiotelefoane, tensiunea bateriilor ce se supun încărcării, consumul emițătoarelor și receptoarelor din radiotelefoane, funcționarea dispozitivelor acustice, izolația antenelor, puterea și sensibilitatea receptoarelor (sumar).

Aceleași verificări zilnice, sînt obligatorii și la aparatele mobile ce funcționează pe mijloace de transport. În afara verificărilor de mai sus, lunar, trebuie executate și următoarele verificări suplimentare specifice aparatelor fixe : tensiunea alimentatoarelor din rețeaua de 220 V sau din baterii, integritatea cablelor de antenă și adaptarea RT-cablu-antenă.

De asemenea, lunar se execută verificarea capacității bateriilor Cd-Ni utilizate la RTP. Periodic se impune verificarea caracteristicilor electrice a radiotelefoanelor, în laboratorul radio, știindu-se că, mai ales aparatele portabile și mobile, intens exploatate sînt supuse șocurilor în timpul deplasărilor, fapt pentru care unele circuite electronice se dereglează, iar performanțele se înrăutățesc.

Din acest motiv aparatele cu regim de exploatare continuă (24 ore din 24 ore), se vor verifica și regla trimestrial, în laboratorul radio, iar aparatele cu exploatare redusă se vor verifica semestrial. Menționăm că prescripțiile de întreținere a RT tip USE 600 indică trimiterea aparatului într-o unitate de service după 2 000 ore funcționare (trei luni).

Tot semestrial se măsoară și prizele de punere la pămînt a antenelor și părților metalice.

13.6. **Protecția muncii în exploatarea radiotelefoanelor**

Fiindcă riscul unor accidente de muncă există și în exploatarea radiotelefoanelor, semnalăm cauzele mai des întîlnite.

Descărcările electrice în antenele radiotelefoanelor fixe pot provoca grave accidente, dacă acestea nu sînt conectate la o priză de pămînt de 4 ohmi, (conform STAS 62-71) împreună cu părțile metalice ale instalației.

Deoarece în anumite condiții meteorologice se pot produce descărcări electrice în antenele radiotelefoanelor portabile, în asemenea situații se recomandă adăpostirea lor.

Se evită distrugerea aparatelor portabile și agățarea angajaților ce le poartă, de către vehicule în mișcare (pe șantiere, în

Fig. 13.7 Purtarea RTP.

porturi, uzine, stații CFR), legîndu-se aparatele de corp cu curele transversale în afara acelora de atîrnare (fig. 13.7).

Cum, în timpul mișcărilor bruște, vîrful antenelor ar putea răni persoanele dotate cu radiotelefoane portabile, se indică rotunjirea acestor vîrfuri sau protejarea cu cauciuc.

În timpul manipulării acumulatoarelor deschise, semietanșate sau chiar etanșate, cu pierderi de electrolit este obligatoriu purtarea mănușilor, a ochelarilor și costumelor de protecție, din lînă, conform prescripțiilor din normele de protecția muncii pentru instalații electrice, editate de MEE.

La fiecare loc de muncă vor exista soluții 5% de bicarbonat de sodiu și apă de var pentru neutralizarea acidului sulfuric care, întîmplător ar atinge pielea corpului cît și soluții 5% acid boric sau acid acetic (esență de oțet în proporție de 8 părți apă și o parte acid acetic), pentru neutralizarea electrolitului acumulatoarelor alcaline. După executarea operațiilor la acumulatoare trebuie neutralizate și spălate bine mîinile, cu multă apă. De asemenea se spală intens fața, dinții și gura.

BIBLIOGRAFIE

Șerbu, C. — **Construcții radio — Antene de radio și televiziune.** București, Editura Tehnică, 1966.

Statnic, E. — **Recepția emisiunilor de televiziune în UIF.** București, Editura Tehnică 1972.

Tancu, M și Vidrașcu I. **Manualul radioamatorului începător.** București, Editura Consiliului Național pentru educație și sport, 1968.

Marinescu, N. și alții. **Alimentarea electrică a echipamentelor de telecomunicații.** București, Editura didactică și pedagogică, 1963.

Mateescu, A. și alții. **Alimentarea cu energie electrică în telecomunicații.** București, Editura Tehnică, 1968.

Clondescu, Gh. și Tomuța D. O. **Acumulatoare electrice — întreținere și reparare.** București, Editura Tehnică, Ediția IV, 1977.

SAFT. **Accumulateurs Nickel — Cadmium etanches,** serie VR. Romanville — France. 1976.

CENTRA. **Accumulateurs alcalins.** Warszawa, Pologne, 1975.

VEB GRUBENLAMPENWERKE, **Bechandlungsvorschrift fur den gasdichten Nickel — Kadmium — Akkumulatoren 7,2 V 0,225 Ah.** Zwickau, DDR, 1972.

Stănciulescu, Gh. **Antene pentru traficul de radioamatori.** București, Editura Sport - Turism, 1977.

Săheleanu, A. și Rosici N. **73 de scheme pentru radioamatori.** București, Editura Tehnică, 1975.

Constantinescu, Gh. **Radiotelefoane pe unde ultrascurte.** București, Editura Tehnică, 1967.

Iziumov, N. și Linde D. **Fundamentals of Radio. Moscow, Mir Publishen** URSS, 1976.

Ramlau H. P. **Radiosviazi na jeleznodorojnom transporte.** Moskva, Transport, URSS, 1976.

Thourel, Leo. **Les antennes.** Paris, DUNOD, Franța 1971.

IEMI. **Radiotelefon mobil și radiotelefon fix, carte tehnică** București, 1975.

IEMI. **Radiotelefon portabil, carte tehnică,** București, 1974.

VEB FUNKWERK KOPENICK. **Description bloc Emetteur - Recepteur. USE 600.** Berlin, RDG 1975.

VEB FUNKWERK, **Description de service Instalation Radiotelephonique a VHF UFS 601,** Berlin, RDG, 1972.

STORNO. **Mobile Radiotelephone CQL 600.** Copenhagen, Denmark, 1971.

STORNO. **Mobile Radiotelephone CQM 600.** Copenhagen, Denmark, 1970.

STORNO. **Pocket Radiotelephone CQP 500.** Copenhagen, Denmark, 1971.
STORNO. **Antena catalogue.** Copenhagen, Denmark, 1972.
CROUZET, **Interrupteurs sensibles.** Valence, France, 1971.
VEB KOMBINAT SCHALTELEKTRONIK OPPACH. **Gepolte relais.** Berlin Haus der Electrotechnik, RDG, 1971.
CARL ZEISS JENA. **Schwingquarze.** Jena, RDG, 1972.
NARVA. **Schingquarze.** Berlin, RDG, 1972.
ITT. **Quartz Crystal Units** 1974/1975. Nürnberg, RFG, 1972.
ITT. **Quartz Crystal-Data Sumary.** Harlow, Anglia, 1974.
QUARTZ et ELECTRONIQUE. **Filtres a quartz.** Asnières, France 1972.
CEPE, **Filtres a quartz.** Montreuil, France, 1972.
RFT electronic. **Magnetomechanische Bandfilter.** Berlin, **Elektrotechnik,** RDG, 1972.
VEB MESSELEKTRONIK, **UFT 422, Service.** Dresda, RDG, 1973.
Tesla. **Staţiune de radio transportabilă VXW 100.** Pardubice, RSC, 1972.
Cartianu Gh. **Modulaţia de frecvenţă.** Bucureşti, Editura Academiei **RSR,** 1966.
MTTc. **Regulamentul Radiocomunicaţiilor,** ediţia 1968. Bucureşti Centrul de documentare şi publicaţii tehnice, **1971.**
Ludwig, O. **Die Konzeption von UKW — Kleinsprech —. funkgeräten fur engere Kanalabstände,** în : Frequenz, RFG, aprilie, 1965.
Verdon. L. **La radio et l'exploitation feroviare,** în Revue generale des chemis de fer. Franţa, Septembre 1971.
Constantinescu Gh. şi Popescu Mihai. **Radiotelefoane mobile pe unde ultrascurte în Telecomunicaţii.** Bucureşti, ianuarie, 1969.

R e v i s t e

Tehnium, Bucureşti — colecţia 1975—1978.
Radio, Moskva URSS — colecţia 1970—1978.
Radio und Fernschen, RDG — colecţia 1975—1977.
Avtomatika, Telemehanika i sviazi, Moscova, URSS — colecţia 1974—1978.
Referativnii jurnal, avtomatika telemehanika i sviazi na jeleznih dorogax, Moskva, URSS, colecţia 1974—1978.
STORNO. **Technical information,** Copenhagen, Denmark 1972—73.